

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Centro de Energia Nuclear na Agricultura

ELAINE VIDOTTO

Reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) no Parque Estadual da Ilha do
Cardoso - SP durante o Quaternário tardio.

Piracicaba/SP

2008

ELAINE VIDOTTO

Reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) no Parque Estadual da Ilha do
Cardoso - SP durante o Quaternário tardio.

Tese apresentada ao Centro de Energia Nuclear
na Agricultura, Universidade de São Paulo, como
requisito para obtenção do título de Doutor em
Ciências.

Área de concentração: Energia Nuclear na
Agricultura e no Ambiente.
Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ruiz Pessenda

Piracicaba/SP

2008

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Vidotto, Elaine

Reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) no Parque Estadual da Ilha do Cardoso – SP durante o Quaternário tardio / Elaine Vidotto; orientador Luiz Carlos Ruiz Pessenda. - - Piracicaba, 2008.

210 f. : fig.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Bacillariophyceae 2. Carbono 14 3. Isótopos estáveis 4. Matéria orgânica do solo 5. Paleoambientes 6. Paleobotânica 7. Pólen I. Título

CDU 551.583.3+561

Dedico

Juliano e Giovana

Ofereço

Toninho e Cida

Leo e Dê

Agradecimentos

A *DEUS* pela vida, força e saúde, pelas oportunidades e conquistas...

À minha filha *Giovana* com todo o meu amor, pela sua compreensão nas minhas ausências.

Ao *Juliano*, por seu amor.

Aos *meus pais*, por tudo que fizeram e continuam fazendo por mim e pela minha filha.

Ao meu *Orientador*, pela oportunidade deste trabalho, apoio e confiança.

À amiga *Valéria*, pela amizade e apoio em todos os momentos.

À *Susy*, por sua amizade, colaboração e análises realizadas.

Aos amigos do Laboratório ¹⁴C *Aline, Fabiana, Lizandra, Mariah, Rodrigo e Soraya*, pelo convívio, amizade e auxílio durante todos esses anos, em especial à *Cláudia* e ao *Álvaro* que muito me ajudaram na realização deste trabalho, e ao *Jaime*, sempre tão prestativo e atencioso.

À *Margarete* e à *Maria*, por receberem de forma tão carinhosa a *Giovana*, sempre me ajudando e atendendo aos meus pedidos de “socorro” nos momentos em que eu não podia estar presente.

Ao Dr. *Paulo Eduardo de Oliveira*, pelo apoio nas análises palinológica e diatomológica.

À Dra. *Fresia Ricardi-Branco*, pelo apoio durante a análise palinológica.

Ao Dr. *Ricardo Ribeiro Rodrigues*, responsável pelo projeto de pesquisa “*40ha de Parcelas Permanentes (BIOTA-FAPESP)*”, pelo apoio a esta pesquisa.

Ao Dr. *Pablo Vidal Torrado*, pelo apoio e análises pedológicas.

Ao Dr. *José Albertino Bendassolli*, pelas análises isotópicas realizadas.

Ao Dr. *Ramon Aravena*, pelas datações por AMS.

À *Vanda Brito de Medeiros*, pela ajuda na identificação dos grãos de pólen.

Ao Dr. *Felipe Haenel Gomes*, por todo apoio durante o trabalho de campo e pelas caracterizações pedológicas.

Ao *Raphael Moreira Beirigo*, pelas caracterizações pedológicas.

Ao *Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA* e ao *Laboratório ¹⁴C*, pela oportunidade que me foi oferecida.

Ao *Instituto Florestal*, ao Sr. *Marcos Bühner Campolim* (Administrador do Parque Estadual da Ilha do Cardoso) e ao Sr. *José Luiz Camargo Maia* (Administrador do Parque Estadual Carlos Botelho), pela possibilidade da realização deste trabalho e apoio na execução dos trabalhos de campo.

Ao *Instituto Oceanográfico (USP)*, pelas facilidades oferecidas durante a condução do trabalho. Aos *funcionários da base de Cananéia (IO/USP)*, pela hospitalidade, amizade e auxílio na execução dos trabalhos de campo.

À *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP*, pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa (04/00978-1 e 04/15531-2).

Aos *professores e funcionários do CENA*, pelo apoio e colaboração.

MUITO OBRIGADA!

Resumo

Este estudo foi desenvolvido no Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC) e no Parque Estadual Carlos Botelho (PECB), na região sudeste do Brasil. A área é caracterizada pela presença de vegetação nativa de Floresta Atlântica de Encosta e no caso do PEIC, também por Restinga e vegetação de manguezal. Foram coletadas amostras de solos a partir de trincheiras ou tradagens, e amostras em dois mangues, Sítio Grande e do rio Jacariu. Análises isotópicas (^{12}C , ^{13}C , ^{14}C , ^{14}N , ^{15}N) e biológicas (palinologia, diatomologia) foram utilizadas nesse estudo para entender a história da paleovegetação da região durante do Pleistoceno tardio e o Holoceno, assim como suas relações com as mudanças climáticas.

Os dados isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$, ^{14}C) da matéria orgânica dos solos (MOS) em dois pontos do PEIC mostraram valores de $\delta^{13}\text{C}$ característicos de plantas C_3 ($\sim -27,0\%$), indicando a presença de vegetação de floresta nos últimos 10.800 anos AP.

Em três pontos (CB1, CB2 e TURVI) do PECB os dados isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$) da MOS indicaram a presença de plantas C_3 em todo o perfil analisado. Nos pontos TOR e FAZ os valores de $\delta^{13}\text{C}$ foram mais enriquecidos (entre $-20,9\%$ e $-23,5\%$) nas camadas mais profundas, indicando a presença de uma vegetação menos densa que a atual, com uma provável presença de plantas C_3 e C_4 , no período de ~ 25.000 a 15.000 anos AP, sugerindo a presença de um clima mais seco. De aproximadamente 15.000 anos AP até o presente um empobrecimento isotópico (até $-28,0\%$) foi observado indicando a expansão da floresta, provavelmente associada à presença de um clima mais úmido que o período anterior.

No mangue Sítio Grande os valores de $\delta^{13}\text{C}$ foram mais empobrecidos ($\sim -28,0\%$) entre ~ 40.000 e 19.000 anos AP. Os valores mais empobrecidos de $\delta^{13}\text{C}$ associados com altos teores de carbono (até 40%) e da razão C/N (até 130) indicaram a presença de uma floresta na atual área do mangue e o abaixamento do nível relativo do mar. A presença de pólen de *Ilex*, *Alchornea*, *Weinmannia*, *Rapanea*, *Symplocos*, *Drimys* e *Podocarpus* sugerem a presença de uma floresta característica de clima mais frio

e úmido que o atual entre 40.000 e 19.000 anos AP. Entre 19.000 e 2.200 anos AP observou-se um hiato sedimentar (provavelmente erosivo), atribuído a prováveis atividades neotectônicas ocorridas na região. Os valores mais enriquecidos de $\delta^{13}\text{C}$ ($\sim -26,0\text{‰}$ e $-24,0\text{‰}$) associados com menores valores de COT (entre 0,3% e 6,0%) e razão C/N (entre 2 e 27), juntamente com a presença de diatomáceas marinhas, indicaram a presença do mangue e o retorno da linha de costa na posição atual na região desde pelo menos 2.200 anos AP.

No mangue do rio Jacariu os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ apresentaram valores entre $-24,0\text{‰}$ e $-26,0\text{‰}$. Os valores de COT e da razão C/N associados com os valores de $\delta^{13}\text{C}$ indicaram uma mistura de plantas C_3 e fitoplâncton na composição da matéria orgânica. As diatomáceas encontradas foram características de ambiente estuarino-lagunar e estiveram presentes aproximadamente nos últimos 1.500 anos AP.

Palavras-chave: Carbono-14, Clima, Diatomáceas, Dinâmica do nível marinho, Isótopos Estáveis (C,N), Mangue, Matéria Orgânica do Solo, Palinologia, Vegetação.

Abstract

This study was developed in the Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC) and Parque Estadual Carlos Botelho (PECB), in the southeastern region of Brazil. The area is characterized by the presence of native vegetation of Atlantic Forest and in the case of PEIC, also for Restinga and mangrove vegetation. Soil samples were collected from trenches and by drilling. Were collected two cores in the Sítio Grande and Jacariu mangroves. Isotope (^{12}C , ^{13}C , ^{14}C , ^{14}N , ^{15}N) and biological (pollen and diatoms analysis) tools were used in the study to understand the paleovegetation history of the region during the late Pleistocene and Holocene and its relation to climatic changes.

The soil isotope data ($\delta^{13}\text{C}$) of soil organic matter (SOM) at two locations in the PEIC area showed values characteristics of C_3 plants ($-27,0\%$), indicating the presence of forest vegetation during the last 10.800 years BP.

In three locations (CB1, CB2 and TURVI) in the PECB area the isotope data ($\delta^{13}\text{C}$) of SOM indicated the presence of C_3 plants in the whole profile. In the locations TOR and FAZ the values were more enriched (from $-20,9\%$ to $-23,5\%$) in the deeper horizons, indicating the presence of a less dense vegetation than the present, with a probable mixture of C_3 and C_4 plants, in the period of ~ 25.000 to 15.000 years BP, suggesting the presence of a drier climate. From ~ 15.000 years BP to the present, a isotopic depletion ($-28,0\%$) was observed and associated with the expansion of the forest, probably associated to the presence of a more humid climate than the previous period.

In the Sítio Grande mangrove the $\delta^{13}\text{C}$ values were more depleted ($\sim -28,0\%$) from 40.000 to 19.000 years BP. The higher values of total organic carbon (40%) and C/N ratios (130), associated with more depleted $\delta^{13}\text{C}$ values observed during this period indicated the predominance of C_3 land plants in the location at present occupied by the mangrove and the decrease of the relative sea level. The presence of pollen of *Ilex*, *Alchornea*, *Weinmannia*, *Rapanea*, *Symplocos*, *Drimys* and *Podocarpus* during the period of 40.000 to 19.000 years BP suggest the presence of a colder and

humid climate than today. From 19.000 to 2.200 years BP a sedimentary hiatus (probably erosive) was observed, attributed to a neotectonic activity in the studied area. The presence of mangrove since at least 2.200 years BP in its present position and the return of the marine cost line is associated with the values of COT (from 0,3% to 6%) and C/N ratio (from 2 to 27), more enriched $\delta^{13}\text{C}$ values (\sim from -26,0‰ to -24,0‰) and the presence of marine diatoms.

In the Jacariu mangrove the $\delta^{13}\text{C}$ results associated with the smallest values of total organic and C/N ratios, probably indicated a mixture of marine phytoplankton and C_3 land plants in the composition of the organic matter. The marine diatoms were present approximately in the last 1.500 years BP and they are characteristics the estuarine site.

Keywords: *Carbon-14 ,Climate, Diatom, Mangrove, Marine Level Dynamics, Palynology, Soil Organic Matter, Stable C and N Isotopes, Vegetation*

Lista de Fotos

	Pág
Foto 1 - (A) Vegetação da Ilha do Cardoso mostrando o manguezal, a Floresta de Restinga e ao fundo a vegetação de encosta; (B) Trincheira aberta na Restinga; (C) Trincheira aberta na Encosta.....	49
Foto 2 - (A) Vegetação de Carlos Botelho; (B e C) Trincheira aberta no ponto TOR; (D) Tradagem realizada no ponto CB2 e (E) Tradagem realizada no ponto TURVI.....	50
Foto 3 - Coleta dos testemunhos: (A) mangue Sítio Grande; (B) mangue do rio Jacariu.....	52
Foto 4 - Testemunhos coletados: (A ₁ e A ₂) mangue Sítio Grande; (B) mangue do rio Jacariu.....	53

Lista de Figuras

	Pág
Figura 1 - Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e C/N das fontes de matéria orgânica em sedimentos lacustres e marinhos (modificado de MEYERS, 2003 e WILSON et al., 2005).....	14
Figura 2 - Estágios evolutivos propostos para explicar a origem da planície costeira de Cananéia ao Morro da Juréia (MARTIN & SUGUIO, 1978).....	33
Figura 3 - Bloco-diagrama com as principais feições estruturais identificadas na planície Cananéia-Iguape (SOUZA et al., 1996).....	36
Figura 4 - Localização das áreas de estudo.....	38
Figura 5 - Imagem da Ilha do Cardoso indicando os locais de amostragem: (RIC) Floresta de Restinga; (TI) Floresta de Encosta; (TMC) Floresta de Encosta; (MSG) Mangue Sítio Grande; (JAC) Mangue do rio Jacariu (Fonte Google Earth).....	39
Figura 6 - Distribuição dos diferentes tipos de vegetação ocorrentes na Ilha do Cardoso (FELICETTI, 2001).....	43
Figura 7 - Imagem do Parque Estadual Carlos Botelho indicando os locais de amostragem, todos sob Floresta Ombrófila Densa (Floresta de Encosta) (Fonte Google Earth).....	44
Figura 8 - Teores de argila dos solos coletados na Ilha do Cardoso em relação à profundidade.....	65
Figura 9 - Teores de carbono orgânico total dos solos coletados na Ilha do Cardoso em relação à profundidade.....	66
Figura 10 - $\delta^{13}\text{C}$ dos solos coletados na Ilha do Cardoso em relação à profundidade.....	68
Figura 11 - Teores de argila dos solos coletados em Carlos Botelho em relação à profundidade.....	69
Figura 12 - Teores de carbono orgânico total dos solos coletados em Carlos Botelho em relação à profundidade.....	70
Figura 13 - $\delta^{13}\text{C}$ dos solos coletados em Carlos Botelho em relação à profundidade.....	72
Figura 14 - Datação, textura, COT, C/N, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ da matéria orgânica do perfil MSG em relação à profundidade.....	77
Figura 15 - Diagrama C/N x $\delta^{13}\text{C}$ para o perfil MSG	79
Figura 16 - Diagrama de porcentagem dos principais táxons arbóreos encontrados no registro do mangue Sítio Grande.....	87
Figura 17 - Diagrama de porcentagem dos principais táxons arbóreos e herbáceos encontrados no registro do mangue Sítio Grande.....	88
Figura 18 - Diagrama de porcentagem dos principais táxons de ervas aquáticas e esporos de pteridófitas encontrados no registro do mangue Sítio Grande.....	89

Figura 19 - Diagrama polínico por agrupamento ecológico de pólen e esporos encontrados no registro do mangue Sítio Grande. As categorias que definem os agrupamentos ecológicos estão representadas em porcentagem. A unidade de concentração de grãos de pólen está representada em grãos por grama de material.....	90
Figura 20 - Diagrama de porcentagem dos principais táxons de diatomáceas encontrados no registro do mangue Sítio Grande e o dendograma gerado pelo programa CONISS, com a delimitação das zonas diatomológicas.....	94
Figura 21 - Diagrama de porcentagem de táxons de diatomáceas encontrados no registro do mangue Sítio Grande e o dendograma gerado pelo programa CONISS, com a delimitação das zonas diatomológicas.....	95
Figura 22 - Diagrama de concentração de categorias das diatomáceas encontradas no registro do mangue Sítio Grande.....	96
Figura 23 - Datação, textura, COT, C/N, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ da matéria orgânica do perfil JAC em relação à profundidade. (*) Datação por LOE. Demais datações por ^{14}C	100
Figura 24 - Diagrama C/N x $\delta^{13}\text{C}$ para o perfil JAC.....	101
Figura 25 - Diagrama de porcentagem de táxons de diatomáceas encontrados no registro do mangue do rio Jacariú e o dendograma gerado pelo programa CONISS, com a delimitação das zonas diatomológicas. (*) Datação por LOE.....	104
Figura 26 - Diagrama de porcentagem de táxons de diatomáceas encontrados no registro do mangue do rio Jacariú e o dendograma gerado pelo programa CONISS, com a delimitação das zonas diatomológicas. (*) Datação por LOE.....	105
Figura 27 - Diagrama de concentração de categorias de diatomáceas encontradas no registro do mangue do rio Jacariú. (*) Datação por LOE.....	106
Figura 28 - Esquema representando a evolução da paisagem no local do mangue Sítio Grande indicando as espécies predominantes na região desde aproximadamente 40.000 anos AP até o presente, baseado na análise palinológica (presente estudo) e em estudos florísticos e fitossociológicos realizados na região (BARROS et al., 1991; MELLO & MANTOVANI, 1994; SAMPAIO, 2003).....	115
Figura 29 - Sedimentação moderna e lineamento estrutural no norte da Ilha do Cardoso.....	118

Lista de Tabelas

	Pág
Tabela 1 - Pontos de coleta no Parque Estadual da Ilha do Cardoso	42
Tabela 2- Pontos de coleta no Parque Estadual Carlos Botelho.....	45
Tabela 3 - Amostras de solos selecionadas para datação ^{14}C	48
Tabela 4 - Pontos de coleta de amostras de solo para análise da chuva polínica atual.....	51
Tabela 5 - Amostras do mangue Sítio Grande e mangue do rio Jacariu selecionadas para datação ^{14}C	55
Tabela 6 - Lista das plantas coletadas na Floresta de Restinga, na Floresta de Encosta e no mangue Sítio Grande, localizados na Ilha do Cardoso e respectivos valores de $\delta^{13}\text{C}$	62
Tabela 7 - Lista de plantas coletadas no ponto TOR em Carlos Botelho e respectivos valores de $\delta^{13}\text{C}$	63
Tabela 8 - Datação ^{14}C de humina dos solos coletados nas trincheiras RIC e TMC na Ilha do Cardoso.....	67
Tabela 9 - Datação ^{14}C de humina dos solos coletados na trincheira TOR em Carlos Botelho.....	70
Tabela 10 - Datação ^{14}C de amostras coletadas no perfil MSG.....	74
Tabela 11 - Palinomorfos encontrados na análise da chuva polínica atual.....	81
Tabela 12 - Datação das amostras coletadas no perfil JAC.....	98
Tabela 13 - Resumo dos resultados obtidos através das análises isotópicas, elementares, palinológicas e diatomológicas.....	113

Lista de Abreviaturas e Siglas

AMS	Accelerator Mass Spectrometer – Espectrômetro de Massa Acoplado ao Acelerador
AP	Antes do Presente
CB1	Carlos Botelho 1 – Floresta (ponto de amostragem em Carlos Botelho - trincheira)
CB2	Carlos Botelho 2 – Floresta (ponto de amostragem em Carlos Botelho - tradagem)
COT	Carbono Orgânico Total
FAZ	Fazenda (ponto de amostragem em Carlos Botelho - tradagem)
JAC	Mangue do rio Jacariu
LOE	Luminescência Opticamente Estimulada
MOS	Matéria Orgânica do Solo
MSG	Mangue Sítio Grande
NRM	Nível Relativo do Mar
PECB	Parque Estadual Carlos Botelho
PEIC	Parque Estadual da Ilha do Cardoso
RIC	Restinga Ilha do Cardoso (ponto de amostragem na Ilha do Cardoso – trincheira)
TI	Morro Três Irmãos – Floresta de Encosta (ponto de amostragem na Ilha do Cardoso – tradagem)
TMC	Morro do Cardoso – Floresta de Encosta (ponto de amostragem na Ilha do Cardoso – trincheira)
TOR	Torre – Floresta (ponto de amostragem em Carlos Botelho – tradagem)
TURVI	Turvinho (ponto de amostragem em Carlos Botelho – tradagem)
UCs	Unidades de Conservação
UMG	Último Máximo Glacial

Sumário

	Pág.
I. INTRODUÇÃO.....	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Restinga.....	3
2.2. Mata Atlântica de Encosta.....	5
2.3. O Manguezal.....	7
2.4. Datação por ¹⁴ C	8
2.5. Isótopos estáveis em estudos ambientais.....	11
2.5.1. $\delta^{13}C$ da matéria orgânica do solo (MOS).....	11
2.5.2. $\delta^{13}C$ da matéria orgânica sedimentar.....	13
2.5.3. C/N da matéria orgânica sedimentar.....	13
2.5.4. $\delta^{15}N$ da matéria orgânica sedimentar.....	14
2.6. Palinologia.....	15
2.7. Diatomologia.....	18
2.8. Paleoclimas da regiões Central, Sudeste e Sul do Brasil.....	19
2.9. Flutuações do nível relativo do mar.....	28
2.10. A planície costeira Cananéia-Iguape.....	30
2.10.1. Características gerais.....	30
2.10.2. Origem do Sistema Cananéia-Iguape.....	31
III. OBJETIVOS	37
IV. ÁREA DE ESTUDO.....	38
4.1. Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC).....	39
4.2. Parque Estadual Carlos Botelho (PECB).....	44
V. MATERIAL E MÉTODOS.....	46
5.1. Vegetação.....	46
5.1.1. Amostragem.....	46
5.1.2. Composição isotópica ($\delta^{13}C$).....	46
5.2. Solos.....	46
5.2.1. Amostragem.....	46
5.2.2. Granulometria.....	47
5.2.3. Análise elementar e isotópica.....	47
5.2.4. Datação por ¹⁴ C.....	47
5.3. Chuva polínica atual.....	51
5.4. Mangue.....	51
5.4.1. Coleta dos testemunhos.....	51
5.4.2. Abertura do testemunho e amostragem.....	53

5.4.3. Descrição da coluna estratigráfica.....	54
5.4.4. Análise elementar e isotópica.....	54
5.4.5. Datação por ^{14}C	54
5.4.6. Datação por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE).....	55
5.4.7. Tratamento químico das amostras para extração de pólen e esporos.....	55
5.4.8. Montagem das lâminas.....	57
5.4.9. Identificação, contagem dos grãos e construção dos diagramas polínicos.....	57
5.4.10. Cálculos de concentração (grãos/grama de material).....	58
5.4.11. Tratamento químico para extração das diatomáceas e montagem das lâminas.....	58
5.4.12. Identificação e contagem dos táxons.....	59
VI. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	61
6.1. Caracterização botânica e isotópica das plantas	61
6.2. Solos.....	64
6.2.1. Parque estadual da Ilha do Cardoso (PEIC).....	64
6.2.1.1. Teor de Argila	64
6.2.1.2. Carbono orgânico total (COT).....	65
6.2.1.3. Datações ^{14}C	66
6.2.1.4. $\delta^{13}\text{C}$ da matéria orgânica do solo (MOS).....	67
6.2.2. Parque Estadual Carlos Botelho (PECB).....	68
6.2.2.1. Teor de argila.....	68
6.2.2.2. Carbono orgânico total (COT).....	69
6.2.2.3. Datações ^{14}C	70
6.2.2.4. $\delta^{13}\text{C}$ da material orgânica do solo (MOS).....	71
6.3. Mangues.....	73
6.3.1. Mangue Sítio Grande (MSG).....	73
6.3.1.1. Descrição da coluna estratigráfica.....	73
6.3.1.2. Datações ^{14}C	73
6.3.1.3. Carbono orgânico total (COT).....	74
6.3.1.4. C/N	75
6.3.1.5. $\delta^{13}\text{C}$	75
6.3.1.6. $\delta^{15}\text{N}$	76
6.3.1.7. C/N x $\delta^{13}\text{C}$	78
6.3.1.8. Análise palinológica.....	79
6.3.1.8.1. Chuva polínica atual.....	79
6.3.1.8.2. Análise do perfil.....	82
6.3.1.9. Análise diatomológica.....	91
6.3.2. Mangue do rio Jacariu.....	97
6.3.2.1. Descrição da coluna estratigráfica.....	97

6.3.2.2. <i>Datações</i>	97
6.3.2.3. <i>Carbono orgânico total (COT)</i>	98
6.3.2.4. <i>C/N</i>	98
6.3.2.5. $\delta^{13}C$	99
6.3.2.6. $\delta^{15}N$	99
6.3.2.7. <i>C/N x $\delta^{13}C$</i>	99
6.3.2.8. <i>Análise diatomológica</i>	101
6.4. <i>Inferências paleoclimáticas</i>	107
6.5. <i>Indícios de movimentos tectônicos cenozóicos na Ilha do Cardoso</i>	116
VII. CONCLUSÕES	119
REFERÊNCIAS	123
ANEXOS	138

I. INTRODUÇÃO

O estudo das variações da vegetação e clima ocorridas no Quaternário tardio no Brasil iniciou-se com os registros palinológicos de sedimentos lacustres da Amazônia (ABSY e VAN DER HAMMEN, 1976; ABSY, 1979; COLINVAUX, 1987). Na década de 90 a utilização inicial dos isótopos do carbono (^{12}C , ^{13}C e ^{14}C) da matéria orgânica do solo (MOS) nos estudos paleoambientais foi efetuada nas regiões Sul (Londrina-PR) e Sudeste (Piracicaba-SP) do Brasil (PESSENDA et al., 1993a,b; VALÊNCIA, 1993).

O cenário da paleovegetação fornecido pela análise palinológica, apesar da falta de dados paleoecológicos sobre várias formações vegetais do Brasil, tem proporcionado subsídios para o entendimento das flutuações climáticas que ocorreram no Brasil, especialmente durante o último máximo glacial (UMG).

A importância dos estudos isotópicos está principalmente associada ao fato de que a técnica pode ser utilizada em todas as regiões brasileiras onde há vegetação nativa e solos relativamente espessos, com pelo menos 2 m, cuja cronologia determinada pela datação ^{14}C da MOS (fração humina) representa, em geral, o Holoceno. Outro aspecto a ser enfatizado é que resultados bastante confiáveis sobre eventuais trocas de vegetação C_3 (florestas) e C_4 (campos) no passado, até ~50.000 anos AP podem ser obtidos em transecções de centenas de quilômetros, permitindo assim o estudo e interpretação da dinâmica passada e atual com significativo alcance regional, em ecossistemas apresentando ecótonos dos mais variados tipos.

Apesar da evolução dos estudos paleoambientais, especialmente nas duas últimas décadas, muitas áreas têm sua história ecológica pouco conhecida, como por exemplo, a região da floresta

atlântica (DE OLIVEIRA et al., 2005). Deste modo, esse estudo foi desenvolvido em mangues da região sudeste do Brasil e também no continente, em florestas tropicais com a intenção de elucidar questões a respeito do deslocamento da vegetação rumo ao continente e o seu retorno à linha de costa no final do Holoceno.

O Brasil possui uma área aproximada de 25.000 km² de manguezais, ocorrendo em quase toda a orla marítima, de forma mais ou menos contínua, dependendo das características fisiográficas e geológicas, desde o extremo norte (rio Oiapoque, aos 04°20'N) até Santa Catarina (Laguna, aos 28°30'S); apenas o Rio Grande do Sul não apresenta cobertura vegetal típica de mangue (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995). A ampla ocorrência deste ecossistema ao longo do litoral brasileiro constitui um bom campo de pesquisa para trabalhos de reconstrução paleoambiental a partir do registro palinológico. Porém, são poucos os trabalhos com este enfoque e restritos a algumas localidades.

Os estudos dedicados à interpretação do registro palinológico em manguezais têm demonstrado que, apesar das limitações impostas pela bioturbação e redistribuição dos sedimentos pela ação da maré, os resultados da análise palinológica podem fornecer informações importantes sobre a história da vegetação neste ecossistema, além de contribuir com dados para a reconstrução de alterações do nível do mar e da evolução sedimentar costeira (SUGUIO, 1999; GRINDROD et al., 2002).

Alguns estudos palinológicos em manguezais atuais indicaram possíveis alterações do nível relativo do mar e variações climáticas durante o Holoceno nas regiões Norte (BEHLING et al., 2001a), Nordeste (BEHLING & COSTA, 1994), Sul (SLOMPO, 1997) e Sudeste (ABSY & SUGUIO, 1975; COELHO et al., 2001; AMARAL et al., 2006) do Brasil. Neste contexto pretende-se obter um aumento de registros paleoambientais baseados em dados palinológicos e diatomológicos de manguezais e isotópicos da matéria orgânica do solo (MOS) em florestas tropicais, visando contribuir nos estudos de reconstrução da vegetação e clima desde o Pleistoceno tardio (~40.000 anos) e na caracterização da dinâmica de transgressão e regressão marinha na região Sudeste do Brasil.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresenta-se uma revisão sobre: (i) as três formações vegetais estudadas: Restinga; Mata Atlântica de Encosta e o manguezal; (ii) os conceitos gerais sobre a utilização dos isótopos do carbono (^{12}C , ^{13}C e ^{14}C) da matéria orgânica do solo, dos isótopos do nitrogênio (^{14}N e ^{15}N), da palinologia e da diatomologia em estudos de reconstrução paleoambiental; (iii) as pesquisas paleoclimáticas desenvolvidas nas regiões Central, Sudeste e Sul do Brasil no Quaternário tardio; (iv) as variações do nível relativo do mar ocorridas, no Quaternário, na região de Cananéia e (v) a origem da planície costeira Cananéia-Iguape.

2.1. Restinga

Freqüentemente, o termo restinga, apresenta significado bastante diverso, sendo associado às planícies costeiras ou litorâneas, ora significando o tipo de vegetação que as recobre, ora o próprio sistema substrato-vegetação como um todo (SUGUIO & TESSLER, 1984; SUGUIO & MARTIN, 1990). Veloso et al. (1991) classifica a restinga como uma vegetação de primeira ocupação de caráter edáfico com influência marinha.

Sendo as restingas um ambiente em que as condições geomorfológicas são muito variáveis, afetadas pelas ações marinhas e pelos ventos constantes, encontramos em correspondência uma vegetação também diversificada (ASSIS, 1999). Os fatores que determinam as variações florísticas e estruturais que favorecem a formação de um mosaico vegetacional sob as planícies costeiras, são os diferentes níveis de nutrientes, o regime hídrico do solo, topografia e condições ambientais das planícies arenosas, assim como fatores de caráter sucessional, que propiciam a formação de muitos

habitats e, conseqüentemente, a existência de uma flora rica e variada (MANTOVANI, 2000).

Os solos sob vegetação de restinga são, basicamente, bastante lixiviados, ácidos, pobres em nutrientes, que se concentram na biomassa. A maior fonte de nutrientes na planície costeira é a atmosfera, havendo uma camada orgânica pouco profunda e uma trama de sistemas subterrâneos que reabsorve rapidamente os minerais provenientes da decomposição orgânica (MANTOVANI, 1992). Um estudo realizado em solos sob vegetação de restinga na Ilha do Cardoso-SP mostrou solos hidromórficos, arenosos, muito ácidos, com teores variáveis de matéria orgânica, sendo a podzolização o principal processo pedogenético presente. São solos muito pobres sendo a principal fonte de nutrientes o *spray* marinho (GOMES, 2005).

O termo restinga no sentido geomorfológico, pode ser utilizado para designar as porções de areias marginais da costa primitiva, de pequena elevação, e com largura regularmente constante por grandes distâncias, ou então, uma faixa arenosa entre uma baía de lagoa e o oceano (THOMAZ & MONTEIRO, 1992). No sentido fitogeográfico, este termo é empregado ou para designar todas as formações que cobrem as areias holocênicas e pleistocênicas desde o oceano ou apenas a vegetação lenhosa, geralmente mais interior (THOMAZ & MONTEIRO, 1992).

O termo restinga pode ainda indicar os tipos de vegetação encontrados na região costeira, como sendo estágios iniciais, de transição ou permanentes, mas não devem ser considerados como clímax (HUECK, 1972). Silva (1998) utilizou o termo restinga no sentido ecológico, designando como sendo um conjunto de ecossistemas que mantém estreita relação com o oceano, tanto na sua origem como nos processos nele atuantes.

Sugiyama (1993) estudou um trecho de Floresta de Restinga da Ilha do Cardoso em duas situações, floresta alta e baixa, onde encontrou um total de 2.123 indivíduos com DAP \geq 2,5 cm na restinga alta e DAP \geq 1,6 cm na restinga baixa, com uma lista de 64 espécies numa área de 0,37 ha.

Sampaio (2003) realizou um estudo em um trecho de Floresta de Restinga na Ilha do Cardoso onde foram encontrados, numa área de 10,24 ha, 14.477 indivíduos, pertencentes a 117 espécies, distribuídas em 84 gêneros e 43 famílias (Anexo A.1). As famílias de maior representatividade em número de espécies foram Myrtaceae (25 espécies), Lauraceae (13 espécies), Arecaceae,

Euphorbiaceae e Myrsinaceae (5 espécies cada). Quando se considera a representatividade da família por número de indivíduos, esta seqüência se altera para: Arecaceae (26,0%), Myrtaceae (15,5%), Annonaceae (6,8%), Rubiaceae (6,0%), Lauraceae (5,5%) e Fabaceae (4,7%). A posição de destaque assumida por Arecaceae, deve-se à grande quantidade de indivíduos de palmito-juçara (*Euterpe edulis* Mart., - 19,0%). Além de *Euterpe edulis* Mart., outras espécies com grande número de indivíduos na área foram *Xylopia langsdorffiana* St. Hil. & Tulasne (6,0%), *Amaioua intermedia* Mart. (5,0%), *Andira anthelmia* (Vell.) Macbr. (4,0%), *Ternstroemia brasiliensis* Cambess. (3,0%) e *Ocotea pulchella* Mart. (3,0%).

2.2. Mata Atlântica de Encosta

A Mata Atlântica é um complexo vegetacional que ocorre paralelamente à costa brasileira, originalmente desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, numa faixa de 4.000 km de extensão, cobrindo aproximadamente 1,2 milhões de km² (MYERS et al., 2000). Essa grande amplitude geográfica e climática resulta numa enorme diversidade de ecossistemas muito complexos (MANTOVANI, 1998; IVANAUSKAS et al., 2000). A Mata Atlântica é um domínio com múltiplas fitofisionomias, um verdadeiro mosaico florístico, que se estende sob diversas condições geológicas, geomorfológicas e climáticas, formado por um conjunto de ecossistemas florestais e ecossistemas associados. Segundo a classificação de Veloso et al. (1991), é denominada Floresta Ombrófila Densa.

As florestas costeiras brasileiras ocupam menos de 8% de sua área original. No estado de São Paulo esta cobertura vegetal reduziu-se a 8,3% de sua extensão original, que representava 81,8% do Estado (SERRA FILHO et al., 1974). De modo geral, a cobertura florestal remanescente no estado de São Paulo, está restrita, principalmente, às escarpas íngremes de difícil acesso e ocupação nas serras costeiras, constituindo Unidades de Conservação (UCs) ou áreas protegidas.

Mello & Mantovani (1994) realizaram um estudo florístico e fitossociológico em um trecho de Floresta Ombrófila Densa na Ilha do Cardoso onde foram amostrados 2.510 indivíduos pertencentes a 157 espécies, distribuídas por 109 gêneros e 47 famílias (Anexo A.2). A família Myrtaceae apresentou

maior riqueza em espécies, com 18,47% do total, seguida de Leguminosae, com 10,19% e Rubiaceae, com 6,37%.

Aguiar (2003) realizou um estudo de florística e fitossociologia em um trecho de Floresta Ombrófila Densa, no setor norte do Parque Estadual Carlos Botelho. Os dados de florística das espécies arbóreas amostradas em 64 parcelas, de 900 m², indicaram a presença de 252 espécies, 125 gêneros e 60 famílias. Através do método dos pontos quadrantes o autor observou a presença de 177 espécies, 106 gêneros e 53 famílias. Os dois métodos amostraram a composição florística e a estrutura fitossociológica da comunidade estudada de maneira semelhante. As famílias com maior número de gêneros foram: Myrtaceae com 12 (9,6% do total), seguida por Lauraceae com 10 (8,0%), Rubiaceae com 10 (8,0%), Fabaceae 7 (5,6%), Sapotaceae 5 (4,0%) e Euphorbiaceae 4 (3,2%). Os gêneros com maior riqueza de espécies foram: *Eugenia* (Myrtaceae) e *Ocotea* (Lauraceae) ambos com 21 espécies, seguidos por *Myrcia* (Myrtaceae) com 10 espécies, *Miconia* (Melastomataceae) com 7 espécies, *Mollinedia* (Monimiaceae) e *Myrceugenia* (Myrtaceae), cada um com 6 espécies e *Inga*, *Rapanea*, *Marlierea* e *Ilex*, respectivamente, pertencentes às famílias Mimosaceae, Myrsinaceae, Myrtaceae e Aquifoliaceae com 4 espécies cada um. A espécie com maior número de indivíduos foi *Euterpe edulis* Mart., com 1084 exemplares (11,35%), seguida por *Alibertia* sp. com 310 (3,24%), *Micropholis crassipedicellata* Pierre com 258 (2,70%), *Bathysa australis* K. Schum com 234 (2,45%), *Ocotea catharinensis* Mez com 227 (2,37%), *Coussarea* sp. com 203 (2,12%), *Pouteria bullata* (S.Moore) Baehni com 167 (1,74%), *Eugenia stictosepala* Kiaersk com 160 (1,67%) e *Guapira opposita* (Vell.) Reitz com 146 (1,52%).

Dias (2005) realizou um estudo da composição florística de espécies arbóreas na Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual Carlos Botelho que resultou no registro de 65 famílias e 427 espécies. As famílias Myrtaceae, Lauraceae, Fabaceae e Sapotaceae apresentaram a maior riqueza de espécies. As espécies *Euterpe edulis* Mart. e *Ocotea catharinensis* Mez estiveram presentes entre as espécies com maior índice de valor de importância (IVI).

2.3. O manguezal

O manguezal pode ser descrito como um pântano tropical de água salobra ou salgada. A comunidade vegetal é diferente de qualquer outro bosque, onde as condições adversas e peculiares do ambiente condicionam o aparecimento de poucas espécies. Tais espécies possuem adaptações ao meio que lhes permitem a sobrevivência. Entre estas adaptações encontramos: órgãos especiais para a excreção de sal, pneumatóforos e lenticelas nas raízes escora que permitem a respiração da planta, raízes escora e adventícias que ajudam a sustentar a árvore em substratos movediços, e sementes que flutuam na água salgada.

Os manguezais se distribuem na faixa tropical - subtropical, entre o Trópico de Câncer (23° N) e o Trópico de Capricórnio (23° S), verificando-se também algumas ocorrências de bosques de mangue em latitudes mais altas, porém, com menor desenvolvimento estrutural, isto é, árvores de menor porte, menor biomassa no ecossistema, etc. (CINTRON & SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

No Brasil os manguezais se distribuem desde o extremo norte, no rio Oiapoque (04°20'N), até o litoral centro-sul catarinense, Laguna (28°30'S) (CINTRON & SCHAEFFER-NOVELLI, 1983). Os manguezais mais extensos ocorrem no litoral norte do país, do estado do Amapá até o estado do Maranhão. Esta região é caracterizada por uma planície costeira extensa, marés de grande amplitude, clima de temperaturas médias elevadas, alta precipitação pluvial ao longo do ano e considerável aporte de água doce, nutrientes e sedimentos. Ao sul desta área, estas variáveis diminuem em intensidade, o que condiciona, gradativamente, um menor desenvolvimento dos bosques de mangue. No litoral sudeste e sul, até a região de Laguna (SC), a Serra do Mar delimita uma estreita faixa de planície costeira, e os manguezais ocorrem associados às desembocaduras dos principais rios, à baías e à lagunas. O município de Laguna (SC) marca o limite meridional de ocorrência de manguezais na costa brasileira (VILLWOCK, 1993). As condições climáticas ao sul de Laguna não são favoráveis ao desenvolvimento de manguezais. Nesta região, as margens das lagunas passam a ser colonizadas por alguns tipos de gramíneas e herbáceas tolerantes à salinidade elevada.

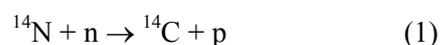
A maior diversidade em espécies de mangue está na região tropical Indo-Pacífica (sudeste

asiático e norte da Austrália). Esta região contém por volta de 40 espécies de plantas, com algumas espécies endêmicas (GRINDROD et al., 2002). No Brasil os bosques de mangue são compostos somente por sete espécies (*Avicennia germinans* L., *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman ex Moldenke, *Conocarpus erectus* L., *Laguncularia racemosa* C.F. Gaertn, *Rhizophora harrisonii* Leechman, *Rhizophora mangle* L., *Rhizophora racemosa* G. Mey) distribuídas em três famílias (Acanthaceae, Combretaceae e Rhizophoraceae). Nas bordas dos manguezais, por sua vez, ocorrem comumente *Hibiscus pernambucensis* Arruda (Malvaceae), *Spartina ciliata* Brongn (Poaceae) e *Acrosticum* sp (Lomariopsidaceae) (BARROS et al., 1991).

O desenvolvimento dos manguezais está condicionado a diferentes fatores ambientais que variam em intensidade e periodicidade (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990). Além da energia solar, as variáveis que definem o grau de desenvolvimento de um manguezal são: amplitude de marés, aporte de água doce, aporte de sedimentos, temperatura, nutrientes, energia do mar e precipitação pluvial. Além destas variáveis, as feições fisiográficas da região costeira, tais como o relevo, também são importantes fatores na configuração dos bosques de mangue. O balanço de todos estes componentes é que determinará a tipologia dos manguezais. O crescimento dos bosques de mangue é o resultado da melhor combinação entre estas variáveis (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991). Atualmente, os impactos gerados pelo homem, como a canalização de rios, construção de aterros e descarga de efluentes, vem causando mudanças significativas neste ecossistema (BLASCO et al., 1996).

2.4. Datação por ^{14}C

O ^{14}C é formado constantemente na alta atmosfera quando raios cósmicos, os quais são partículas de alta energia (geralmente prótons), se chocam com átomos de gases da estratosfera, dividindo-se em prótons e nêutrons (LIBBY, 1955). Quando um nêutron se choca com o núcleo de um átomo de nitrogênio, este é absorvido pelo núcleo e um próton é emitido (1):



O carbono formado nesta reação decai por emissão β^- , de acordo com a reação (2):



Em um curto espaço de tempo o ^{14}C é misturado aos átomos de ^{12}C presentes na atmosfera e é, então, absorvido pelos organismos vivos. As plantas assimilam o ^{14}C via fotossíntese, formando compostos orgânicos. Os animais ao se alimentarem dos vegetais incorporam o radionuclídeo. Durante a vida do organismo há um equilíbrio entre a atividade do ^{14}C em relação à do ambiente, sendo que a relação $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ de todos os seres vivos, em todas as latitudes e longitudes, é observada na mesma proporção. A assimilação é constante durante a vida do organismo, devido à contínua absorção de CO_2 pelas plantas. Após a morte do organismo a troca de carbono com o ambiente cessa e há, então, a desintegração radioativa do ^{14}C que decai em taxa constante de aproximadamente 13,56 desintegrações por minuto por grama de carbono. A meia-vida (tempo necessário para que a atividade se reduza à metade) do ^{14}C é de 5730 ± 30 anos, determinada com precisão pelo National Bureau of Standard em 1961. Por convenção, adotou-se o valor de 5568 ± 30 anos para o tempo de meia-vida do ^{14}C , valor inicialmente determinado na década de 1950. Através da medida da atividade do ^{14}C no material (matéria orgânica, fragmentos de carvão, madeira, plantas, ossos, conchas, etc) sua idade pode ser obtida (3):

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad (3)$$

onde: A = atividade específica da amostra no tempo t qualquer; A_0 = atividade específica da amostra no tempo $t = 0$, sendo representada pelo padrão Ácido Oxálico NIST; λ = constante de desintegração, sendo igual a $0,693/T$ (T = meia-vida do ^{14}C) e t = tempo decorrido após a morte do organismo.

A datação ^{14}C tem um limite de detecção de aproximadamente 60.000 anos AP (isto é, 60.000 anos antes do presente, sendo presente o ano de 1950).

A técnica de datação por ^{14}C tem sido utilizada em muitos estudos da matéria orgânica dos solos (MOS) desde a década de 50, por possibilitar o acompanhamento de processos de deposição ao longo do perfil, verificar a estabilidade das diferentes frações e estimar a cronologia da formação da MOS.

Devido à complexidade da formação do solo, questionamentos referem-se sobre qual é a fração ideal da MOS a ser datada. O acúmulo de restos vegetais, madeira, folhas e raízes no solo produz um fornecimento contínuo de matéria orgânica fresca (CAMPBELL et al., 1967; GOH et al., 1976; MARTEL & PAUL, 1974; SCHARPENSEEL et al., 1968 e TRUMBORE, 1996), a qual passa por uma série de processos químicos levando à liberação de carboidratos, proteínas e ligninas, componentes orgânicos com diferentes ciclos de degradação.

Outro aspecto é a contaminação dos solos com carbono jovem, cujas fontes mais importantes são: invasão de raízes, infiltração de compostos orgânicos dissolvidos em água, influência de microorganismos e da fauna do solo, resultando no rejuvenescimento das datações obtidas.

Desta forma, na determinação da datação de solos pelo método de ^{14}C , materiais como madeira e fragmentos de carvão são normalmente preferíveis aos componentes da MOS. Os fragmentos de carvão encontrados nos solos são considerados biologicamente inertes e fisicamente estáveis em relação a trocas isotópicas com o meio externo, sendo desta forma um dos materiais mais apropriados para a datação por ^{14}C . Na maioria dos solos, no entanto, tais materiais são ausentes ou presentes em quantidades muito pequenas para serem datados pelos métodos convencionais (cintilação líquida e proporcional gasoso).

Um estudo realizado com o objetivo de comparar as datações da fração humina com as datações ^{14}C de fragmentos de carvão soterrados em profundidades similares mostrou que em geral houve uma boa concordância entre as datações dos fragmentos de carvão e da fração humina, até aproximadamente 150 cm de profundidade, sendo as datações dos fragmentos de carvão em média 10% mais antigas na profundidade 200 cm. Portanto, uma estimativa da datação da MOS pode ser obtida através da datação da fração humina, principalmente no que se refere aos primeiros 150 cm de

profundidade (GOUVEIA & PESSEDA, 1999; GOUVEIA, 2001; PESSEDA et al., 2001b).

2.5. Isótopos estáveis em estudos ambientais

2.5.1. $\delta^{13}\text{C}$ da matéria orgânica do solo (MOS)

O carbono possui naturalmente dois isótopos estáveis, o ^{13}C e o ^{12}C . Aproximadamente 98,89% de todo o carbono presente na natureza apresenta-se sob a forma de ^{12}C , e somente 1,11% na forma de ^{13}C . A razão entre esses dois isótopos ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) em materiais naturais varia muito pouco em torno de seus valores médios, como resultado do fracionamento isotópico durante processos físicos, biológicos e químicos. Esta variação isotópica é relativamente pequena nas plantas e na matéria orgânica, com materiais mais enriquecidos (os que apresentam valores mais altos de ^{13}C) diferindo dos menos enriquecidos, ou mais empobrecidos (valores mais baixos de ^{13}C), em aproximadamente 2% ou 20 partes *per mil* (‰) (BOUTTON, 1996a).

A utilização dos isótopos estáveis em amostras ambientais é realizada através da determinação da composição isotópica no material em estudo e nas suas possíveis fontes. A composição isotópica é a distribuição relativa dos isótopos de um dado elemento, geralmente expresso na forma da razão do isótopo mais raro pelo mais comum ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$). Os resultados são expressos pela unidade relativa “ δ ” (4), determinada em relação ao padrão internacional PDB (molusco fóssil *Belemnitella americana* da Formação Peedee da Carolina do Sul, USA), sendo o desvio padrão de 0,1‰ para a matéria orgânica. Amostras empobrecidas em ^{13}C quando comparadas com o padrão foram relacionadas a valores negativos de “ δ ” e amostras enriquecidas, a valores positivos.

$$\delta^{13}\text{C}(\text{‰}) = \frac{R_{\text{amostra}} - R_{\text{PDB}}}{R_{\text{PDB}}} \times 1000 \quad (4)$$

onde $R = ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ para a razão isotópica do carbono.

As plantas discriminam contra o $^{13}\text{CO}_2$ durante a fotossíntese, como resultado das propriedades

bioquímicas das enzimas fixadoras de carbono primário e das limitações para a difusão do CO₂ na folha. Essa discriminação está relacionada ao tipo de ciclo fotossintético (VOGEL, 1980; O'LEARY, 1988; FARQUHAR et al., 1989).

A composição dos isótopos do carbono ($\delta^{13}\text{C}$ ou $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) das espécies de plantas do ciclo fotossintético C₃ (árvores e algumas gramíneas) varia entre -22,0‰ e -32,0‰, com média de -27,0‰, enquanto que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ das espécies do tipo C₄ (maioria das gramíneas) variam entre -9,0‰ e -17,0‰, com média de -13,0‰. Assim, plantas do tipo C₃ e C₄ possuem valores de $\delta^{13}\text{C}$ que diferem de aproximadamente 14‰ entre si. Plantas CAM (Crassalacean acid metabolism) apresentam valores similares às plantas C₄ (BOUTTON, 1991, 1996a; BOUTTON et al., 1998).

Os isótopos de carbono provenientes da MOS fornecem registros das mudanças de vegetação no passado, uma vez que os valores isotópicos não são modificados com o tempo (CERLING et al., 1989).

A mineralização da MOS e processos associados à formação do húmus em solos induzem a pequenas variações na abundância de ^{13}C . Geralmente, um pequeno enriquecimento de ^{13}C pode ser observado do topo para o fundo dos perfis de solo, sendo os horizontes mais profundos 1 a 3‰ mais enriquecidos em ^{13}C do que o topo do perfil (STOUT et al., 1981; BALESSENT et al., 1993).

O enriquecimento da MOS com a profundidade pode ser devido a: (i) a alteração na composição isotópica da vegetação com o tempo, como consequência de variações recentes no conteúdo de ^{13}C no CO₂ atmosférico; (ii) uma possível decomposição diferencial dos componentes bioquímicos das plantas, os quais são conhecidos isotopicamente heterogêneos; e (iii) um fracionamento isotópico durante a mineralização da MOS. Este enriquecimento sendo sempre menor que 4,0‰, não é grande o suficiente para mascarar a diferença de 14‰ entre a liteira de plantas C₃ e C₄ (BOUTTON, 1996a; BOUTTON et al., 1998; DESJARDINS et al., 1996; FREITAS et al., 2001; PESSENDA et al., 2001b).

Portanto, a MOS, que provém quase que exclusivamente da vegetação de cobertura, aparece como um testemunho dos eventos climáticos que ocorreram nos últimos milhares de anos. Com a

aplicação dos isótopos estáveis do carbono (^{12}C , ^{13}C) é possível determinar a origem dessa MOS (plantas C_3 , C_4 ou mistura de plantas) enquanto a datação por ^{14}C estabelece a cronologia dos eventos.

2.5.2. $\delta^{13}\text{C}$ da matéria orgânica sedimentar

A composição isotópica da matéria orgânica de sedimentos lacustres e costeiros pode refletir mudanças nos tipos de vegetação contidos na matéria orgânica (por exemplo, plantas C_3 e C_4), assim como mudanças referentes à abundância de organismos aquáticos (por exemplo, fitoplâncton) (MEYERS, 1997). A variação na composição isotópica da matéria orgânica em sedimentos costeiros é usada como um indicador de mudanças ambientais resultantes de mudanças de descarga de um paleo-rio ou de variações no nível relativo do mar (WILSON et al, 2005). A matéria orgânica de origem terrestre (plantas C_3) e de origem fluvial possui um valor isotópico similar ($\delta^{13}\text{C} \sim -27,0\text{‰}$). Logo, a matéria orgânica de origem marinha possui um $\delta^{13}\text{C}$ de $\sim -20,0\text{‰}$ (WILSON et al, 2005).

2.5.3. C/N da matéria orgânica sedimentar

Os valores de C/N de sedimentos lacustres e costeiros podem ser usados para distinguir os dois principais tipos de matéria orgânica: (a) sem estrutura celulósica, originária de algas, com razões entre 4 e 10, e (b) com estrutura celulósica, produzidas por plantas terrestres com razões ≥ 20 (MEYERS, 1994).

Em combinação com os dados isotópicos de carbono ($\delta^{13}\text{C}$), a razão C/N obtida a partir da análise elementar da matéria orgânica é usada para distinguir entre os diferentes tipos de matéria orgânica de origem marinha e terrestre. Estudos em ambientes costeiros indicaram valores de C/N acima de 12 para plantas terrestres e, em geral entre 5 e 9 para matéria orgânica originada do fitoplâncton marinho (WILSON et al, 2005) (Figura 1).

Os valores de C/N algumas vezes podem apresentar erros na indicação da origem da matéria orgânica sedimentar. O problema mais comum ocorre devido às medidas de carbono e nitrogênio que permanecem nas amostras de sedimento após a remoção de carbonatos e, deste modo, um valor de

nitrogênio residual que combina tanto o nitrogênio orgânico quanto o inorgânico. Na maioria dos sedimentos as concentrações de nitrogênio inorgânico são menores comparadas às de nitrogênio orgânico. Sedimentos que têm baixa concentração de matéria orgânica (< 0,3%) podem algumas vezes apresentar o nitrogênio inorgânico como uma grande fração do nitrogênio residual e, dessa forma o C/N baseado no nitrogênio residual pode ser alterado (MEYERS, 2003).

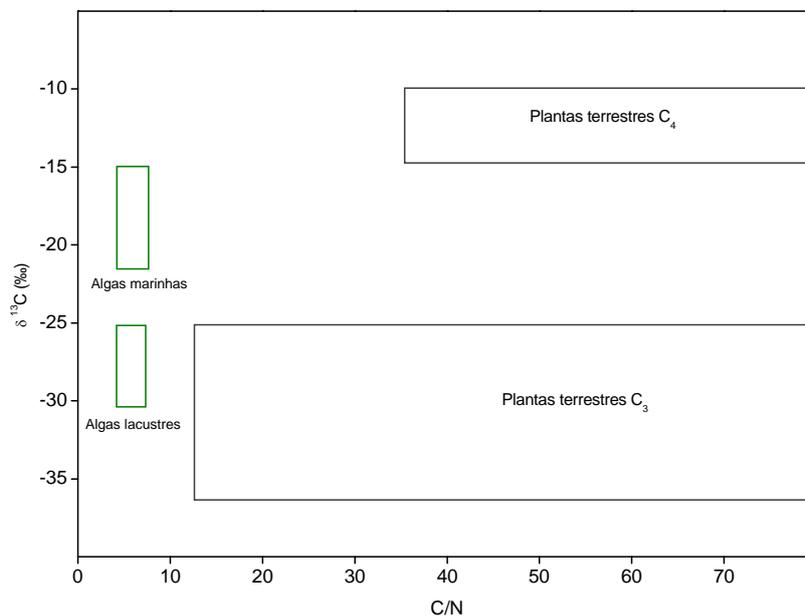


Figura 1 – Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e C/N das fontes de matéria orgânica em sedimentos lacustres e marinhos (modificado de MEYERS, 2003 e WILSON et al., 2005).

2.5.4. $\delta^{15}\text{N}$ da matéria orgânica sedimentar

Os isótopos estáveis do nitrogênio (^{14}N e ^{15}N) são menos utilizados em estudos ambientais do que os isótopos do carbono. Alguns fatores como a menor abundância fracional de ^{15}N do que ^{13}C na biosfera, a pequena discriminação observada na natureza e a maior complexidade do ciclo do nitrogênio em relação ao ciclo do carbono contribuíram para esse fato (BOUTTON, 1996b). Mesmo assim, os valores de $\delta^{15}\text{N}$ da matéria orgânica sedimentar também podem ajudar na identificação da

origem das fontes de lagos e de estuários.

O nitrogênio ocorre abundantemente em proteínas e ácidos nucléicos, os quais são encontrados principalmente em plantas não vasculares, por exemplo, fitoplâncton e bactérias. Lignina e celulose, os quais são componentes dominantes de plantas vasculares (principalmente terrestres), são pobres em nitrogênio (TALBOT & JOHANNESSEN, 1992).

Para a definição de $\delta^{15}\text{N}$, a seguinte equação é usada:

$$\delta^{15}\text{N}(\text{‰}) = \frac{R_{\text{amostra}} - R_{\text{ar}}}{R_{\text{ar}}} \times 1000 \quad (5)$$

onde $R = {}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$ para a razão isotópica do nitrogênio.

A aplicação dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ para identificar as fontes de matéria orgânica é estabelecida pela diferença entre a razão ${}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$ de reservatórios de nitrogênio disponíveis para plantas, tanto aquáticas quanto terrestres. A diferença entre as duas fontes de nitrogênio é fortemente preservada nos valores de $\delta^{15}\text{N}$ da matéria orgânica com algas (+8,5‰) e com plantas terrestres (+0,5‰) (PETERSON & HOWARTH, 1987).

2.6. Palinologia

O conhecimento dos ecossistemas pretéritos por meio do estudo estratigráfico dos fósseis contidos em sedimentos fornece subsídios à compreensão da evolução ecológica de uma região e de suas possíveis mudanças. Entre esses fósseis podemos citar os grãos de pólen, que são fontes seguras de informação sobre a vegetação que esteve presente em diferentes áreas da Terra em épocas diversas.

O pólen, juntamente com os demais palinomorfos (todas as formas de microfósseis encontradas nas preparações palinológicas), se deposita na superfície, em locais com condições favoráveis de sedimentação, tais como, lagos, pântanos, turfeiras e terrenos alagadiços. Nestes locais o pólen é preservado e vai se depositando em camadas. Com o acúmulo dessas camadas sucessivas, os depósitos

vão se estratificando ao longo do tempo geológico.

Em 1916 o geólogo sueco Lennart von Post publicou um trabalho pioneiro realizado no sul da Suécia sobre a importância do pólen fóssil como instrumento para se interpretar a história climática e da vegetação. Este trabalho demonstrou que por meio de sondagens em turfeiras poder-se-ia retirar amostras em diferentes profundidades e após o devido tratamento químico, identificar e contar os grãos de pólen para a reconstituição da flora e, conseqüentemente, do clima da região estudada (SALGADO-LABOURIAU, 1961).

A metodologia para a interpretação paleoecológica, a partir da análise palinológica, fundamenta-se no fato de que todos os tipos polínicos conservados em testemunhos do Quaternário são suscetíveis de comparação com gêneros modernos, uma vez que não ocorreu extinção de plantas (BARBERI, 2001).

Os grãos de pólen e os esporos possuem um envoltório externo, a exina, constituída de esporopolenina, que é elástica e tem grande resistência ao ataque por agentes químicos redutores, possibilitando a preservação dos grãos quando depositados em ambientes redutores, como lagoas e turfeiras. Além disso, possuem características morfológicas próprias como formas, dimensões, ornamentações e aberturas, que permitem sua classificação em grupos taxonômicos distintos (SALGADO-LABOURIAU, 1984).

As variações climáticas ocorridas no Pleistoceno e Holoceno provocaram mudanças na vegetação, que foram registradas pelo conteúdo polínico em sedimentos lacustres e turfeiras. A análise palinológica tornou-se uma ferramenta importante dentro dos estudos paleoclimáticos do Quaternário em regiões continentais, complementando os dados provenientes de testemunhos marinhos e de gelo (BRADLEY, 1999). Porém, é importante lembrar que o registro palinológico do Quaternário também engloba mudanças na cobertura vegetal causadas por alterações antropogênicas, tais como o uso da terra para monoculturas, queimadas, etc. Estas mudanças também podem ser registradas pelas assembléias polínicas. Por isso, é importante saber qual é a escala temporal e espacial do estudo polínico, para poder separar os sinais climáticos dos causados por outros fatores (AMARAL, 2003).

As reconstituições paleoambientais/paleoclimáticas através da palinologia são possibilitadas por

quatro atributos básicos dos grãos de pólen (FAEGRI & IVERSEN, 1989; BRADLEY, 1999):

- determinação da família, gênero e algumas vezes espécie vegetal, através das características morfológicas dos grãos de pólen;
- produção em grande quantidade e alta capacidade de dispersão pelo vento, água, insetos ou animais;
- são extremamente resistentes à degradação em determinados ambientes sedimentares;
- refletem a vegetação no tempo da deposição do pólen.

Os diferentes tipos de vegetação possuem alguns elementos característicos que podem defini-las. Os representantes de tipos específicos da vegetação são chamados de táxons indicadores e os estudos da chuva polínica moderna são necessários para definir esses táxons. Uma vez definida a associação de táxons indicadores, esta pode ser utilizada como indicadora de parâmetros climáticos responsáveis por mudanças da vegetação, tais como, a duração da estação seca ou a temperatura média no inverno (LEDRU, 2002).

Os manguezais também são bons locais para estudos palinológicos, principalmente os que se desenvolvem em substratos lamosos, pois são propícios para a deposição e preservação dos grãos de pólen e esporos. Além disso, o substrato lamoso dos manguezais é normalmente anóxico e esta condição garante a boa preservação do registro polínico.

Entretanto, alguns aspectos da sedimentação dentro do manguezal devem ser levados em consideração ao se realizar a análise palinológica. Como os manguezais ocupam a zona de intermaré, os sedimentos podem ser redistribuídos por correntes de maré, causando mistura do registro palinológico. Outro aspecto importante a ser considerado é a remobilização dos sedimentos por agentes bioturbadores, como os caranguejos.

Os estudos dedicados à interpretação do registro palinológico em manguezais têm demonstrado que, apesar das limitações impostas pela bioturbação e redistribuição dos sedimentos pela ação da maré, os resultados da análise palinológica podem fornecer informações importantes sobre a história da vegetação neste ecossistema, além de contribuir com dados para a reconstrução de alterações do

nível do mar e da evolução sedimentar costeira (BLASCO et al., 1996; SUGUIO, 1999; GRINDROD et al., 2002).

2.7. Diatomologia

O uso de diatomáceas em interpretações paleolimnológicas está baseado no conhecimento atual dos ambientes e da ecologia de espécies contemporâneas. As diatomáceas são organismos abundantes e amplamente distribuídos em todo o planeta. Embora cerca de 70% das espécies sejam cosmopolitas, ocupam habitats distintos e diversos, e podem ser consideradas indicadoras (HUTTUNEN & MERILAINEN, 1983).

As diatomáceas são usadas neste tipo de estudo devido à resistência de suas paredes celulares, impregnadas por sílica (60% do peso seco da célula corresponde a este elemento, sendo resistente à decomposição). Sua parede celular conhecida como frústula (que possui a maioria das características necessárias para a sua identificação), é dividida em duas unidades ornamentadas, chamadas valvas, unidas por uma estrutura fina e em camadas, conhecida como cingulo (ROUND et al., 1990). Em geral, estão bem preservadas em sedimentos lacustres por longo período de tempo.

A assembléia de diatomáceas preservadas nos sedimentos pode refletir indiretamente a qualidade da água, especialmente pH, alcalinidade, salinidade, estado trófico, profundidade, entre outras. Estas interpretações podem ser entendidas e relacionadas a mudanças na vegetação terrestre próxima e no solo local, ao impacto de desmatamentos e incêndios, a tectonismo, bem como a mudanças climáticas (BATARBEE, 1986).

Em ambientes lacustres o registro de diatomáceas inclui, por exemplo, estudos sobre a natureza de lagos no último período glacial (FLORIN, 1970; HAWORTH, 1976), nível da água e mudanças climáticas associadas (BRADBURY et al., 1981; GASSE & STREET, 1978; RICHARDSON & RICHARDSON, 1972) e perturbação nos lagos como resultado de atividade humana (BATARBEE, 1984; BRUGAM, 1978). Na interface de ambientes de água doce e salinos o registro das diatomáceas é utilizado para identificar, por exemplo, os eventos de transgressões e regressões marinhas e as

posições de linhas de costa em tempos pretéritos (FLORIN¹ citado por BATARBEE, 1986 ; YBERT et al., 2003).

2.8. Paleoclimas das Regiões Central, Sudeste e Sul do Brasil

A descrição dos trabalhos segue da região central para a sudeste e sul, mantendo-se a cronologia dos estudos em cada região.

Em Cromínia (GO) análises geoquímicas e palinológicas indicaram que há 32.400 anos AP a vegetação na região era similar a encontrada atualmente, caracterizada pela presença de um cerrado arbóreo, floresta de galeria e pântanos de *Mauritia*, indicando clima úmido e quente. Entre 32.390 e 20.000 anos AP a vegetação arbórea (cerrado e floresta de galeria) foi substituída por campos e um pântano sem palmeiras ocupou a região, sugerindo que durante este período o clima foi úmido e, provavelmente mais frio que o atual. Entre 18.500 e 11.500 anos AP o clima foi mais seco e mais frio que o presente, indicado pela ausência de grãos de pólen arbóreo. O clima continuou seco até cerca de 6.500 anos AP, com prováveis estações secas de até 7 meses. A partir de cerca de 5.000 anos AP a umidade começou a aumentar. O aumento da quantidade de pólen de *Mauritia* e de plantas aquáticas (Cyperaceae, *Drosera*, *Ludwigia*, etc) indicou o retorno de um pântano de *Mauritia*, sugerindo que a vegetação começou a assumir o seu aspecto moderno, com o retorno da vegetação de cerrado e da floresta de galeria. Neste período, provavelmente, o clima foi similar ao presente, clima tropical semi-úmido (SALGADO-LABOURIAU, 1997; SALGADO-LABOURIAU et al, 1997, 1998).

Análise palinológica em área de vereda no topo de um platô em Águas Emendadas (DF) mostrou uma seqüência de mudanças de vegetação e clima nos últimos 30.500 anos AP. Há 30.480 anos AP começou a deposição de turfa na área. Entre 25.790 e cerca de 24.200 anos AP houve a indicação da presença de vegetação palustre cercada de cerrado aberto e manchas de mata de galeria no cume do platô. Entre cerca de 24.000 e 21.450 anos AP a vegetação mais densa que a atual, com plantas aquáticas em abundância e com presença de espécies de clima mais frio (*Ilex*, entre outras),

¹ FLORIM, M.B. En sensubarktisk transgression I trakten av Södra Kilsbergen enligt diatomacé-succession I omradets högre belägna fornsjölagerföljder. **Geol. Fören. Förh.**, v. 66, p. 417-488, 1944.

indicou um clima mais úmido e provavelmente mais frio que o presente. A ausência de pólen de *Mauritia* durante todo esse período sugeriu que a vegetação de vereda não esteve presente na área. A diminuição drástica da concentração e diversidade de pólen, algas e esporos entre cerca de 21.000 e 7.220 anos AP sugeriu uma fase seca que resultou em um clima mais sazonal e na desertificação do cume do platô. Após 7.000 anos AP, o aumento da quantidade de pólen e esporos e o desenvolvimento da vegetação de vereda indicaram o retorno de condições climáticas úmidas; de cerca de 5.600 anos AP até o presente, vários tipos de vegetação ocorreram no cume do platô, semelhante à vegetação atual composta de cerrado, matas secas e vereda com buritis, sugerindo, portanto, climas similares (BARBERI et al.,2000).

Análises palinológicas e mineralógicas na Lagoa Bonita (DF) forneceram evidências de alterações climáticas nos últimos 26.000 anos AP (idade extrapolada). No período entre 26.040-19.730 anos AP o clima foi mais frio e úmido que o atual, evidenciado pela ocorrência de *Ilex*, *Hedyosmum* e *Podocarpus*. Esse período apresenta oscilações na precipitação, evidenciadas pelas modificações nas proporções relativas dos elementos botânicos. Ocorre uma tendência ao aumento da precipitação e queda na temperatura, cujo máximo é registrado em cerca de 22.900 anos AP. A partir desse período há uma tendência de queda da umidade e temperatura, culminando em cerca de 19.000 anos AP. O Último Máximo Glacial (UMG), entre cerca de 19.730-13.040 anos AP, é marcado por condições provavelmente semi-áridas, com baixas temperaturas, responsáveis pela retração da vegetação e instalação de processos erosivos. O retorno da umidade e da vegetação ocorre no Glacial tardio, em cerca de 13.040-8.390 anos AP, em condições de clima ainda frio, porém mais ameno. A vegetação é representada por elementos botânicos pioneiros e por elementos característicos de Cerrado. Entre 8.390-6.300 anos AP o clima torna-se mais seco em relação ao período anterior. Os elementos arbóreos de Cerrado tendem a tornarem-se mais freqüentes. A presença de *Isoëtes* e *Batryococcus* é indicativa de condições climáticas mais secas e quentes, com sazonalidade acentuada. As estações secas mais prolongadas rebaixariam o nível de água do lago até atingir condições pantanosas. Entre 6.300-3.260 anos AP o clima volta a ser úmido e mais quente com instalação das Veredas no Planalto Central, evidenciada pela presença de *Mauritia*, cujo primeiro registro na Lagoa Bonita se dá em torno

de 6.300 anos AP. Entre 3.260-440 anos AP o conjunto de palinomorfos reflete condições ambientais atuais, apontando para um mosaico de vegetação com fitofisionomias características de cerrados, onde se destaca, na área estudada, o predomínio do Cerrado típico, além da Vereda e da Mata nas proximidades da Lagoa, e o Campo Limpo úmido onde o lençol freático aflora ou está próximo à superfície (BARBERI, 2001).

Na região de Pontes e Lacerda (MT) dados isotópicos da MOS indicaram o predomínio de plantas C_3 durante os últimos 7.500 anos AP. Fragmentos de carvão foram encontrados durante este período indicando maior frequência de incêndios e/ou a presença de vegetação mais densa neste período do que no período anterior (> 7.500 anos AP) (GOUVEIA, 2001).

Absy & Suguio (1975) analisaram o conteúdo polínico e o significado paleoecológico das amostras de sedimentos de testemunhos coletados na Baixada Santista (SP). Foram estudados quatro testemunhos e os melhores resultados obtidos foram para o testemunho de Itanhaém onde foi possível distinguir quatro zonas polínicas, as quais indicaram mudanças na vegetação: zona I - registro polínico interpretado como característico de vegetação aberta, o que poderia indicar períodos climáticos mais secos; zona II - presença de foraminíferos e de tipos polínicos de mangue que indicariam um aumento na influência de água salgada, provavelmente relacionada à subida do nível relativo do mar no Holoceno; zona III - aumento de pólen arbóreo e a permanência de foraminíferos; zona IV - declínio de elementos de floresta e aumento de tipos de pólen de plantas herbáceas. Nesta zona, a frequência de foraminíferos diminuiu em direção ao topo do testemunho. Os dados obtidos para esta zona sugeriram a ação do homem modificando a vegetação.

No Holoceno inferior (9.720 a 8.810 anos AP), na região do Lago do Pires (MG), predominavam formas de campo e pequenas florestas de galeria ao longo dos rios, com alta frequência de queimadas. Este tipo de vegetação é consistente com longo período seco (talvez 6 meses) e baixa precipitação anual. Entre 8.810 e 7.500 anos AP, as florestas de galeria se expandiram nos vales sugerindo um período com maiores índices de precipitação e estações secas mais curtas (5 meses). Nesta fase as queimadas foram menos frequentes. A redução das florestas de galeria no período seguinte, 7.500 a 5.530 anos AP, provavelmente indicou o retorno das condições climáticas mais

secas, com novo aumento das queimadas. Entre 5.530 e 2.780 anos AP as florestas estiveram presentes nos vales e o cerrado nos morros. Após este período (2.780 a 970 anos AP) ocorreu um fechamento do cerrado. A floresta semidecídua fechada e densa esteve presente na região somente no Holoceno tardio (a partir de 970 anos AP), sob condições climáticas atuais (BEHLING, 1995a, 1998).

Em Salitre (MG) dados isotópicos da MOS indicaram a ocorrência de mistura de plantas C₃ e C₄ desde o Holoceno inferior até aproximadamente 1.700 anos AP. A avaliação da frequência de fragmentos de carvão encontrados em um Latossolo Roxo, sob cobertura natural de floresta, sugeriu que as queimadas estiveram presentes por todo o Holoceno e tiveram provavelmente um papel importante na determinação da dinâmica da vegetação na área de estudo (PESSENDA et al., 1996b, 1998a).

O registro de pólen de Catas Altas (MG) indicou que a paisagem no último glacial (> 47.740 e cerca de 18.000 anos AP) foi coberta por campos extensos e pequenas áreas de florestas de galeria, onde ecossistemas de floresta semidecídua tropical e cerrado são encontrados atualmente. Os dados refletem um clima frio e seco com fortes geadas durante os meses de inverno. Temperaturas de 5-7° C abaixo das atuais foram inferidas para a última glaciação (BEHLING & LICHTER, 1997; BEHLING, 1998).

A análise de pólen de turfeira do Morro de Itapeva (SP) mostrou que entre 35.000 e 17.000 anos AP a paisagem regional do planalto de Campos do Jordão estava menos arborizada, com campos de altitude refletindo um clima frio e seco. Entre 17.000 e 10.000 anos AP espécies de floresta de *Araucaria*, manchas de floresta e floresta tropical Atlântica foram raras e provavelmente cresceram somente em elevações mais baixas, sugerindo um clima mais quente. Durante o Holoceno inferior e médio o desenvolvimento de mancha de floresta indicou um clima quente e úmido nas vertentes, mas um clima seco no planalto, evidenciado pela rara presença de *Araucaria* e *Podocarpus*. Somente no Holoceno superior, quando a *Araucaria* e *Podocarpus* tornaram-se mais abundantes, as condições climáticas tornaram-se mais úmidas também no planalto. A porcentagem de partículas carbonizadas apresentou-se maior durante o UMG do que durante o Holoceno, indicando maior frequência de queimadas no período mais antigo (BEHLING, 1997a, 1998).

Estudos baseados nos registros de fitólitos e no sinal isotópico da MOS, realizados em Salitre (MG), indicaram dois períodos de expansão da floresta entre cerca de 4.000 e 3.000 anos AP, período que corresponde com a diminuição das queimadas na região, e após 900 anos AP. Um período seco há cerca de 970 anos AP registrado pelos fitólitos não alterou o sinal isotópico da MOS e foi seguido pela expansão da floresta, contemporânea ao aumento das queimadas de natureza antrópica. Isso implica que o clima foi mais importante no desenvolvimento da vegetação durante os últimos 9 séculos em Salitre (ALEXANDRE et al., 1999).

Dados de $\delta^{13}\text{C}$ e datação ^{14}C da MOS e de fragmentos de carvão indicaram que as plantas C_4 foram dominantes em Jaguariúna (SP) durante o Pleistoceno tardio e Holoceno médio, provavelmente associado à presença de um clima mais seco que o atual. Em Anhembi (SP) e Botucatu (SP) as plantas C_3 foram dominantes durante todo o Holoceno, sugerindo que eventuais condições climáticas mais secas não ocasionaram trocas significativas de vegetação. A presença de fragmentos de carvão nestes locais sugere que as áreas foram afetadas por queimadas durante todo o Holoceno (GOUVEIA et al., 1999; GOUVEIA et al., 2002; PESSEDA et al., 2004a).

Coelho et al., (2001) estudaram o conteúdo polínico de amostras provenientes de um testemunho de 530 cm de profundidade coletado em sedimentos do manguezal de Guaratiba, na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. O objetivo principal foi analisar as mudanças ambientais e climáticas na área de estudo durante o Holoceno médio e tardio. A distribuição dos grãos de pólen ao longo do testemunho foi subdividida em quatro zonas, as quais evidenciaram oscilações de umidade na região: a zona I (6.300 a 4.650 anos AP) caracterizou uma fase de clima úmido; a zona II (4.650 a 1.350 anos AP) apresentou condições de relativa redução de umidade; a zona III (1.350 a 10 anos AP) apresentou características gerais de clima mais úmido; a zona IV (10 anos AP a recente) documentou o impacto antrópico na vegetação, com redução da floresta e decréscimo na umidade do clima atual.

Garcia (2003) realizou um estudo no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Curucutu, com o objetivo de relacionar a ocorrência atual da vegetação campestre, em região de domínio florestal, com possíveis eventos paleoambientais. Os dados obtidos através da análise isotópica da MOS

indicaram preliminarmente que a vegetação atual local, seja o campo sujo, seja a mata, foi mais aberta no passado, além de possuir maior contribuição de gramíneas do tipo C_4 , características de ambientes tropicais com sazonalidade definida. Assim, os dados sugeriram que durante o Holoceno médio a tardio tem ocorrido a expansão contínua da cobertura florestal em áreas anteriormente campestres. Os dados obtidos suportam a hipótese de que os campos estudados junto à crista da Serra do Mar, em São Paulo, sejam naturais com possível ampliação da área recente devido à ação antrópica.

Registros polínicos e de fragmentos de carvão na Lagoa Nova (MG) indicaram que durante o Holoceno inferior até aproximadamente 8.500 anos AP a paisagem foi dominada por savana do tipo campo cerrado, com freqüentes árvores de *Curatella americana* e algumas áreas com floresta de galeria. Queimadas nas savanas, provavelmente naturais, foram freqüentes neste período. O padrão da paleovegetação é consistente com um longo período de seca, aproximadamente 6 meses, com precipitação média anual menor que atualmente. Há aproximadamente 7.560 anos AP a floresta de galeria se expandiu nos vales, refletindo uma estação seca menor (aproximadamente 5 meses), com maior precipitação anual e menor freqüência de queimadas, indicando um período mais úmido em relação ao anterior. Entre 7.560 e 6.060 anos AP a savana expandiu e houve regressão da floresta de galeria, indicando o retorno de condições climáticas mais secas. As queimadas novamente tornaram-se freqüentes, porém não tanto quanto no Holoceno inferior. Entre 6.060 e 2.180 anos AP os vales foram cobertos por floresta semidecídua, mas nas partes mais altas o cerrado continuou a crescer. A estação seca foi provavelmente de 5 meses e a precipitação foi maior que no período anterior. De 2.180 a 600 anos AP o cerrado aberto transformou-se para um cerrado mais fechado, refletindo condições climáticas mais úmidas com curta estação seca. Somente após 600 anos AP a floresta semi-decídua densa se expandiu por toda a região de estudo, indicando o início da paisagem atual, com condições climáticas úmidas e curta estação seca (aproximadamente 4 meses). As queimadas foram ausentes neste período (BEHLING, 2003).

Em Jacareí (SP) análises palinológicas e datações ^{14}C permitiram o reconhecimento de períodos climáticos distintos entre 9.700 e 1950 anos AP: clima úmido e frio entre 9.720 e 8240 anos AP, clima úmido e quente entre 8.240 a 3.500 anos AP, mais frio e mais úmido que atualmente entre 3.500 e

1.950 anos AP. Não foi possível obter informações da vegetação e climáticas para os últimos 2.000 anos devido à restrição na amostra causada por possíveis misturas no sedimento devido à prática da agricultura (GARCIA et al., 2004).

Estudos palinológicos e datações ^{14}C em uma turfeira no Parque Estadual da Serra do Mar-Núcleo Curucutu registraram desde aproximadamente 28.460 anos AP a 22.000 anos AP, uma alta concentração de elementos arbóreos que sugeriram a presença de uma floresta fria na região da turfeira. Os altos valores percentuais e de concentração de Poaceae, em sincronia com a presença numericamente estável de ervas aquáticas e algas, sugeriram que parte dessas gramíneas era composta de táxons aquáticos e, portanto, plantas C_3 . A turfeira poderia ter sido uma pequena lagoa ou um pântano recoberto por gramíneas aquáticas. De 22.000 a 10.000 anos AP foi constante a presença de floresta e campo, mas com aumento de esporos de algas que indicaram aumento da umidade e elementos botânicos encontrados em sedimentos glaciais, indicativos de esfriamento. De 10.000 anos AP até o presente ocorreu a maior frequência de elementos arbóreos, pteridófitas e menor contribuição de ervas e algas e ainda ausências de ervas aquáticas. A partir de 900 anos AP notou-se um declínio de elementos arbóreos que talvez possa ser explicado por influências antrópicas, pois a redução da mata sob condições climáticas úmidas sugere essa hipótese (MOFATTO, 2005; PESSEDA et al., submetido²).

Amaral et al. (2006) estudou a evolução de um ecossistema de manguezal, através da análise palinológica de testemunho coletado em sedimentos do manguezal de Itanhaém, litoral sul do estado de São Paulo. A análise dos dados obtidos permitiu a elaboração de um modelo para explicar a evolução deste ecossistema. O manguezal de Itanhaém deve ter surgido nesta região há pelo menos 1.300 anos AP. Há cerca de 1.000 anos AP deve ter se expandido até áreas próximas ao local onde o testemunho foi coletado e colonizado a área do testemunho por volta de 330 anos AP. A evolução do manguezal de Itanhaém estaria relacionada à dinâmica sedimentar do estuário. Desta forma, o

² PESSEDA, L.C.R.; DE OLIVEIRA, P.E.; MOFATTO, M.; MEDEIROS, V.B.; GARCIA, R.J.F.; ARAVENA, R.; BENDASSOLLI, J.A.; ZUNIGA, A. The evolution of a tropical rainforest/savanna mosaic in southeastern Brazil since 28,000 yr BP based on carbon isotopes and pollen records. **Quaternary Research**, San Diego, submetido.

desenvolvimento e a expansão da vegetação de mangue teriam ocorrido com o aumento da faixa de intermaré do estuário, provocado por progradação de deltas de cabeceira de baía.

Em estudos desenvolvidos em Londrina (PR) verificou-se um predomínio de plantas C_4 no Pleistoceno tardio até aproximadamente o Holoceno médio, provavelmente indicativo de um clima mais seco que o atual. A partir de aproximadamente 3.000 anos AP os resultados indicaram uma expansão da floresta, atual vegetação de cobertura, na área estudada (PESSENDA et al., 1996b; 2004a).

Nas montanhas do sul do Brasil (estado de Santa Catarina), verificou-se através de análises palinológicas que durante o Pleistoceno tardio (14.000-10.000 anos AP) a vegetação foi dominada pelos campos. Grupos isolados de florestas de *Araucaria* foram preservados nos vales com umidade suficiente. Na região do Morro da Igreja e Serra do Rio Rastro, o domínio dos campos continuou até aproximadamente 1.000 anos AP, enquanto que na Serra da Boa Vista (SC) a frequência de táxons de floresta tropical Atlântica aumentou e, a seguir, sugeriu-se a expansão da floresta de *Araucaria*. O clima foi descrito como frio e relativamente seco (10.000-3.000 anos AP) para um regime fresco e mais úmido (3.000-1.000 anos AP) e finalmente para um período fresco e muito úmido (a partir de 1.000 anos AP) (BEHLING, 1995b, 1998).

Slompo (1997) descreveu assembléias palinológicas em sedimentos quaternários no manguezal de Itacorumbi, Santa Catarina. O estudo teve como objetivo principal caracterizar mudanças climáticas ocorridas no Holoceno. Com base nas concentrações polínicas e características granulométricas dos sedimentos, a autora identificou cinco intervalos deposicionais distintos e levantou a hipótese destes intervalos terem sido formados por pequenas oscilações do nível relativo do mar. A falta de datações dos sedimentos e a dificuldade de observação de estruturas sedimentares nas camadas superficiais do mangue não permitiram a elaboração de um modelo evolutivo para a planície costeira de Itacorumbi.

Na Serra Campos Gerais (PR), estudo palinológico indicou, no período entre 12.480 e 9.660 anos AP, o predomínio de vegetação de campos, com provável ocorrência de grupos espalhados de floresta tropical Atlântica e de *Araucaria* nos vales, sugerindo climas mais secos e 3 a 5° C mais frios do que o presente. Entre 9.660 a 2.580 anos AP observou-se o predomínio de campos nas montanhas e

a expansão de árvores de floresta tropical úmida nos vales, indicando clima quente e talvez um aumento na precipitação anual. No Holoceno superior (2.580-1.530 anos AP) a expansão das florestas de *Araucaria* foi relacionada à provável mudança para um clima úmido mais permanente com estação seca mais curta. A expansão marcante de floresta de *Araucaria*, formando um mosaico de campos e ilhas de florestas nas montanhas, ocorreu somente nos últimos 1.500 anos AP, sugerindo o início de um clima com alta precipitação sem uma estação seca anual significativa (BEHLING, 1997b, 1998).

Na região de São Francisco de Paula (RS), coletou-se um testemunho de 84 cm onde não foram encontrados grãos de pólen e esporos preservados entre as camadas 84 e 46 cm. Nesse período, datado de 7.500 a 4.000 anos AP, provavelmente predominou na região um clima mais seco que não permitiu a conservação dos grãos de pólen no sedimento. A precipitação anual durante o Holoceno inferior e médio foi significativamente menor do que a atual, provavelmente cerca de 30-40%. De 4.000 a 1.000 anos AP os grãos de pólen preservados refletiram condições climáticas mais úmidas do que o período anterior e indicaram predomínio de vegetação de campos com pequenas áreas de floresta de *Araucaria*. O início da expansão da floresta de *Araucaria* foi evidenciado a partir de 1.060 anos AP, tornando-se mais freqüente a partir de 850 anos AP. Essa mudança vegetacional reflete a troca para condições climáticas modernas com altas taxas de precipitação (>2.200 mm) e sem ou com curtos períodos de seca. Condições úmidas encontradas nas regiões montanhosas do sul do Brasil podem ser explicadas pela forte influência de frentes frias durante os últimos 1.500-1.000 anos, e a pouca influência de massas de ar tropical seca. Massas de ar tropical úmida do Atlântico, que transportam chuva para o sul do Brasil, podem ter tido forte influência durante o Holoceno superior (BEHLING et al., 2001b).

Análises palinológicas na Planície de inundação do Rio Paraná indicaram duas fases no desenvolvimento paleoambiental. A fase mais antiga (cerca de 1.700 anos AP) foi caracterizada pela distribuição discreta da floresta ripária e pelo predomínio de várias espécies de pteridófitas existentes sob condições de clima mais seco do que o atual. A segunda fase diferencia-se da primeira pela expansão da floresta ripária e pelo incremento na variedade taxonômica das árvores e arbustos ligados a um clima mais úmido (MEDEANIC & STEVAUX, 2003).

Em Ponta Grossa (PR) análises palinológicas sugeriram a existência de vegetação de campos úmidos nessa região durante o período anterior (> 40.000 anos AP) à época do UMG. Uma grande mudança da vegetação e climática ocorreu na região por volta de 21.400 anos AP devido ao aumento expressivo nos valores de porcentagem e concentração de pólen de *Araucaria* e um pequeno decréscimo de pólen herbáceo. Esses resultados sugeriram não somente um aumento da vegetação da floresta de *Araucaria* como também a presença da vegetação de campos durante essa época. Os resultados preliminares sugeriram que a floresta de *Araucaria* e a vegetação de campos, os tipos modernos e predominantes de vegetação na região de Ponta Grossa, coexistiram durante os últimos 40.000 anos AP (FERNANDES et al., 2003).

Nas regiões montanhosas de Cambará do Sul (RS) registros palinológicos indicaram que entre 42.840 e 41.470 anos AP e entre 41.470 e 26.900 anos AP o clima foi um pouco mais úmido do que durante o UMG. Neste período as baixas temperaturas, em torno de -10°C, não permitiram o crescimento de *Araucaria* nas regiões montanhosas e os campos prevaleceram até o Holoceno inferior e médio. A partir de 3.950 anos AP a floresta de *Araucaria* expandiu formando uma rede de florestas de galeria ao redor de riachos, indicando um período de aquecimento. Após 1.140 anos AP a floresta de *Araucaria* tornou-se predominante e espécies da floresta tropical Atlântica foram se estabelecendo, provavelmente transportadas da área costeira, localizada 6 a 10 km da área de estudo. Os registros de Cambará do Sul sugeriram que condições climáticas sazonais ocorreram após 26.900 anos AP, com longos períodos anuais de seca desde o UMG até o Holoceno superior. O período quente no Holoceno inferior e médio ainda foi seco, com estações secas de provavelmente três meses. Após 3.950 anos AP o clima tornou-se mais úmido, mas um clima permanentemente úmido, sem sazonalidade, só é encontrado após 1.140 anos AP (BEHLING et al., 2004).

2.9. Flutuações do nível relativo do mar

As oscilações no nível relativo do mar (NRM) têm desempenhado importante papel na evolução das áreas costeiras. O período Quaternário é caracterizado pela existência de várias oscilações no

NRM, as quais deixaram testemunhos em várias regiões. Assim, em parte do litoral brasileiro, com destaque no litoral do Estado de São Paulo, foi possível evidenciar pelo menos dois eventos de variações relativas do nível do mar ao longo do período Quaternário denominadas de: Transgressão Cananéia e Transgressão Santos ocorridas em seus picos de oscilação positiva máxima, respectivamente, a cerca de 120.000 (aproximadamente + 8,0 metros) e 5.100 (aproximadamente + 5,0 metros) anos antes do presente (SUGUIO et al., 1985).

Suguio et al. (1985) apresentaram oito curvas de variação do NRM nos últimos 7.000 anos AP em diversos trechos do litoral brasileiro. Para a elaboração destas curvas foram utilizados diversos tipos de indicadores do paleonível marinho. Todas as curvas apresentaram comportamento similar, diferindo apenas quanto à posição dos picos de nível do mar alto e baixo. Para a região de Cananéia-Iguape as curvas demonstraram que o NRM situava-se entre 4 e 5,0 m acima do nível atual há 5.100 anos AP (Transgressão Santos), um pouco abaixo do nível atual há 3.800 anos A.P. e cerca de 3,0 m acima do nível atual há 3.500 anos AP. A partir de 3.500 anos A.P. ocorreu uma descida até o atual, passando por um nível 0,5 m acima do presente há aproximadamente 1.800 anos AP.

Angulo & Gianini (1996) discutiram a variação do nível relativo do mar nos últimos dois mil anos na região Sul do Brasil. Neste trabalho, os autores analisaram diferentes curvas de NRM apresentadas para os estudos da região Sul do país. Concluiu-se que o padrão de variação do NRM mais provável para a costa sul do Brasil caracteriza-se pelo declínio gradual do NRM nos últimos 2.000 anos AP. No litoral sul paulista amostras de vermitídeos das regiões de Itanhaém e Santos foram datadas, respectivamente, em 1.105 ± 75 anos A.P. para um paleonível de $1,6 \pm 0,4$ m e 790 ± 90 anos A.P. para um paleonível de $1,4 \pm 0,4$ m (SUGUIO et al., 1985). Estes dados concordam com o padrão de declínio gradual do NRM nos últimos 2.000 anos AP

Angulo & Lessa (1997) discutiram a utilização de alguns dos indicadores de paleoníveis marinhos em reconstruções do NRM. A principal crítica diz respeito ao uso de informações procedentes dos sambaquis na elaboração de curvas de NRM e ao baixo grau de precisão destes indicadores. O uso de indicadores mais precisos, tais como carapaças de vermitídeos encontrados *in situ*, pode conferir melhor grau de definição para estas curvas. Além disso, por se tratar de carapaças

calcáreas, estas podem ser datadas, dando um controle temporal aos paleoníveis marinhos. Neste estudo mostraram que as curvas de níveis marinhos para a região de Cananéia-Iguape apresentaram um padrão diferente daquele proposto por Suguio et al. (1985) para os intervalos de 4.100-3.800 e 3.000-2.700 anos A.P. Observaram que três amostras de vermitídeos localizavam-se a 3,0 m acima do nível do mar entre 4.100-3.800 anos A.P., da mesma forma outras seis amostras estudadas sugerem que o nível do mar estava mais alto 1,0 m entre 3.000-2.700 anos A.P. Os resultados demonstraram que as oscilações negativas propostas por Suguio et al. (1985) são improváveis de terem ocorrido e, se ocorreram, tiveram amplitudes bem menores do que as sugeridas. Os dados da região não contradizem a existência de um nível marinho máximo há 5.100 anos A.P.

Dados palinológicos e diatomológicos da região de Cananéia-Iguape (Fazenda Boa Vista, a 15 km a noroeste de Iguape) apresentados por Bissa et al., (2000) e Ybert et al., (2003) indicaram que o local de estudo foi ocupado pelo mar, ou por uma laguna, de pelo menos 4.400 anos AP até cerca de 3.250 anos AP. A presença do mar foi contínua durante esse período e baixou, sem oscilações notáveis, a partir desta data, não sendo registrada nenhuma interrupção, o que se opõe à curva de variação do NRM proposta por Suguio et al. (1985), que sugere dois episódios de oscilação negativa do NRM durante esse período para a região.

2.10. A planície costeira Cananéia-Iguape

2.10.1. Características gerais

O Sistema Cananéia-Iguape localiza-se no extremo sul do litoral do Estado de São Paulo, latitude de 25° S. O sistema recebe parte da drenagem do rio Ribeira de Iguape, maior rio paulista que flui diretamente para o Oceano Atlântico. Essa bacia hidrográfica desempenhou importante função nos processos evolutivos da área durante o Quaternário (SUGUIO & TESSLER, 1992).

O sistema possui quatro ilhas principais (Cardoso, Cananéia, Comprida e Iguape) formadas, sobretudo, por sedimentos quaternários e rochas cristalinas pré-cambrianas. Essas ilhas encontram-se

separadas por sistemas de canais lagunares e rios, que se comunicam com o Oceano Atlântico. Iguape é uma ilha artificial cuja “origem” remonta a meados do século XIX com a abertura do Canal Valo Grande. A planície costeira é delimitada por pontões do complexo cristalino da Serra do Mar a nordeste e sudoeste que avançam oceano adentro, compreendendo uma superfície de aproximadamente 2.500 km² (SUGUIO & TESSLER, 1992).

A interligação do Sistema Cananéia-Iguape com o oceano é realizada através de três desembocaduras: Icapara (ao norte), Cananéia (porção central) e Ararapira (ao sul). O sistema possui ao longo de seus canais principais um padrão hidrodinâmico influenciado pelas correntes de maré, assim como pela descarga de água doce que flui para o sistema (TESSLER & SOUZA, 1998).

2.10.2. Origem do Sistema Cananéia-Iguape

A gênese do Sistema Cananéia-Iguape é representada, segundo Besnard (1950), em quatro cenários seqüenciais, baseados nas características geomorfológicas da região lagunar. No primeiro cenário a região aparece como uma série de reentrâncias margeadas pelo contraforte da Serra do Mar e algumas ilhas, sendo a maior delas correspondente ao que seria a atual Ilha do Cardoso. No segundo cenário, as correntes de maré estariam modelando as ilhas por processos de sedimentação e erosão. O terceiro cenário é caracterizado, principalmente, por bosques de mangue, responsáveis pela consolidação das vasas formadas por sedimentos mais finos. E finalmente, o último cenário caracterizado pelo sistema em sua configuração atual resultante da dinâmica sedimentar, com a erosão realizada pelas correntes de maré e ação de rios e a deposição de sedimentos carreados pelos rios.

Martin & Suguio, (1978) elaboraram um modelo de evolução com base na coluna estratigráfica e suas relações espaciais e temporais. A formação da planície costeira de Cananéia-Iguape teria ocorrido em cinco estágios principais (Figura 2):

1º Estágio: a Transgressão Cananéia (transgressão Pleistocênica), em seu máximo, há 120.000 anos AP quando o nível médio do mar subiu 8 m acima do atual, atingiu o sopé da Serra do Mar ocasionando a sedimentação de argilas-arenosas transicionais e areias litorâneas transgressivas,

recobrando os sedimentos de origem continental correlacionados, temporalmente, aos eventos de sedimentação da Formação Pariquera-Açu.

2º Estágio: com o início da regressão (regressão Pleistocênica), passam a ser depositados cordões litorâneos no topo dos depósitos arenosos transgressivos.

3º Estágio: essa regressão atinge o seu máximo há cerca de 17.000 anos AP, com o NRM a 110 m abaixo do atual e os sedimentos depositados durante a Transgressão Cananéia passam a ser erodidos originando-se vales.

4º Estágio: a ocorrência de nova transgressão marinha, durante o último evento transgressivo denominado Transgressão Santos (transgressão Holocênica, 5100 anos AP), penetra primeiramente nas zonas baixas formando extensas lagunas onde se depositam sedimentos argilo-arenosos, ricos em matéria orgânica. Com o avanço do mar (NRM 4,0 m acima do atual), ocorre erosão nas partes mais altas da Formação Cananéia, possibilitando a nova sedimentação dos materiais erodidos.

5º Estágio: quando o mar atinge o nível atual, originam-se cordões arenosos litorâneos de regressão de diferentes fases, devido às oscilações do NRM nesta época.

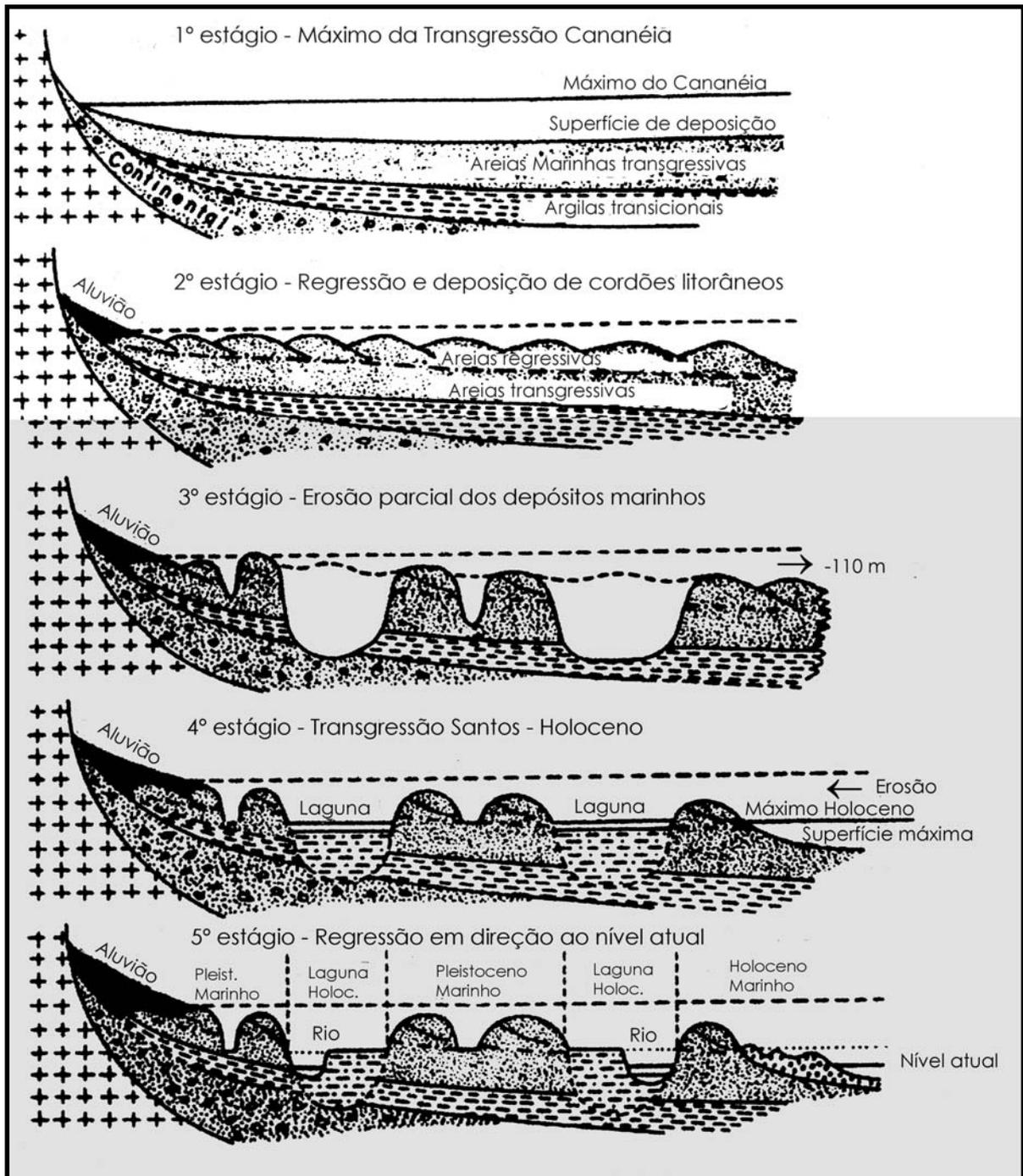


Figura 2 - Estágios evolutivos propostos para explicar a origem da planície costeira de Cananéia ao Morro da Juréia (MARTIN & SUGUIO, 1978).

As margens do tipo Atlântico são consideradas, em princípio, sismicamente inativas, porém alguns autores brasileiros encontraram evidências localizadas de atividade tectônica cenozóica ao longo da costa brasileira. Baseado em uma série de dados sismológicos foram estabelecidas sete zonas sismogênicas no Estado de São Paulo, inclusive a Zona Sismogênica de Cananéia (IPT, 1989).

Martin & Suguio (1975), na tentativa de explicar o comportamento diferente da costa sudeste, com aparente característica de emersão, em relação à costa nordeste, com aparente característica de submersão, admitiram, para a costa paulista, movimentos tectônicos intensos durante o Pleistoceno e movimentos mais fracos durante o Holoceno.

Pressinotti & Pressinotti (1980) propuseram um condicionamento tectônico para a gênese da planície costeira Cananéia-Iguape. Esta planície costeira teria se originado a partir de falhas de gravidade com abatimento de blocos costeiros.

Souza et al, (1996) realizaram um trabalho com o objetivo de contribuir para o estudo da evolução geológica da planície costeira Cananéia-Iguape, tendo como base dados geofísicos obtidos através do método de gravimetria. A análise dos dados permitiu admitir um condicionamento tectônico para o arcabouço estrutural dessa planície costeira, provavelmente, relacionado com eventos cenozóicos responsáveis pela formação do *rift* (da bacia de afundamento) continental do Sudeste do Brasil. No estudo destacam-se, pelo menos, três aspectos (Figura 3):

O primeiro refere-se à identificação de um alto gravimétrico, denominado de *alto gravimétrico de Cananéia*, na porção nordeste da área estudada, alinhado na direção NW-SE e com fortes gradientes laterais nos rumos SW e NE, que sugerem a presença de falhas, provavelmente normais, delimitando o bloco emergente. Esse alto poderia ser correlacionado à continuidade do alinhamento Guapiara sob a região da planície costeira Cananéia-Iguape. O segundo refere-se ao baixo gravimétrico, localizado na porção SW da área estudada, denominado de *baixo gravimétrico de Cananéia*, que pode ser correlacionado a uma maior espessura da cobertura sedimentar nesta área. E o terceiro aspecto refere-se ao *baixo gravimétrico de Iguape*, localizado próximo à cidade de Iguape, a NE, que analogamente pode ser correlacionado à presença de espessa coluna sedimentar.

Este estudo permitiu supor a existência, neste setor da área investigada, de um sistema de falhas,

provavelmente normais, com basculamento de blocos para NW, relacionadas com reativações cenozóicas, o que configura a existência de um gráben ou semigráben denominado neste trabalho de *Gráben de Cananéia*. A análise sismológica da área (MIOTO, 1984) indica a ocorrência de dois sismos de alta intensidade com epicentro exatamente na área correspondente ao baixo gravimétrico na Ilha de Cananéia. Indica também a ocorrência de outro sismo de maior intensidade, com epicentro na plataforma interna, a cerca de 30 km da costa. A ocorrência desses sismos levou à definição da Zona Sismogênica de Cananéia (IPT, 1989). Este fato corrobora os dados obtidos neste estudo permitindo admitir movimentos tectônicos recentes para este setor da planície costeira Cananéia-Iguape.

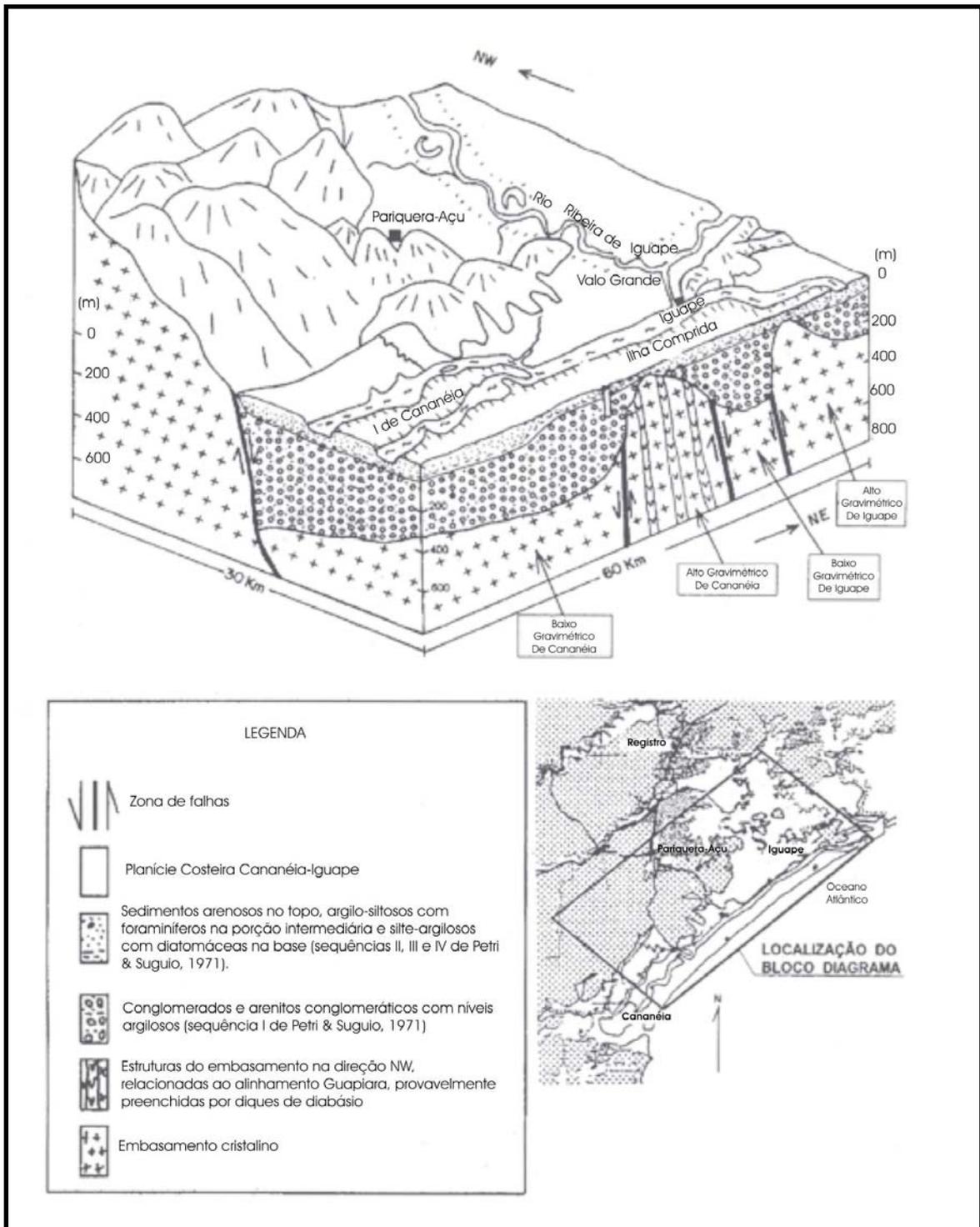


Figura 3 – Bloco-diagrama com as principais feições estruturais identificadas na planície Cananéia-Iguape (SOUZA et al., 1996)

III. OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho foi contribuir para uma melhor compreensão das mudanças paleoambientais (vegetação e clima) ocorridas durante o Pleistoceno tardio e Holoceno na região do Parque Estadual da Ilha do Cardoso e do Parque Estadual Carlos Botelho, sul do estado de São Paulo. Para a obtenção do objetivo realizaram-se os seguintes estudos:

- Caracterização isotópica da vegetação dominante (floresta de restinga, floresta de encosta e manguezal) presente nas áreas de estudo;
- Determinação da composição isotópica ($\delta^{13}\text{C}$) da matéria orgânica dos solos em transecção nas áreas estudadas para verificar eventuais variações da vegetação no passado, com inferências climáticas;
- Determinação da composição isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$); elemental (C e N); palinológica e diatomológica nas amostras de manguezais, visando estudar possíveis mudanças climáticas e/ou da dinâmica costeira (nível relativo do mar);
- Análise do ^{14}C da matéria orgânica dos solos a fim de relacionar as variações ambientais com os diferentes períodos da história do ambiente estudado.

IV. ÁREA DE ESTUDO E LOCAIS DE AMOSTRAGEM

Os estudos foram realizados no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, em Cananéia/SP e no Parque Estadual Carlos Botelho, no município de Sete Barras/SP. A distância entre os dois parques é de aproximadamente 110 km (Figura 4).



Figura 4 - Localização das áreas de estudo.

4.1. Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC)

A Ilha do Cardoso foi transformada em Parque Estadual em 1962, englobando uma área de 25.500 ha, com 30 km de comprimento e 10 km de largura máxima. Encontra-se localizada entre os paralelos 25°05' e 25°15'S e os meridianos 47°53' e 48°06'O, no extremo sul do litoral paulista no município de Cananéia (SÃO PAULO (ESTADO), 1998) (Figura 5).

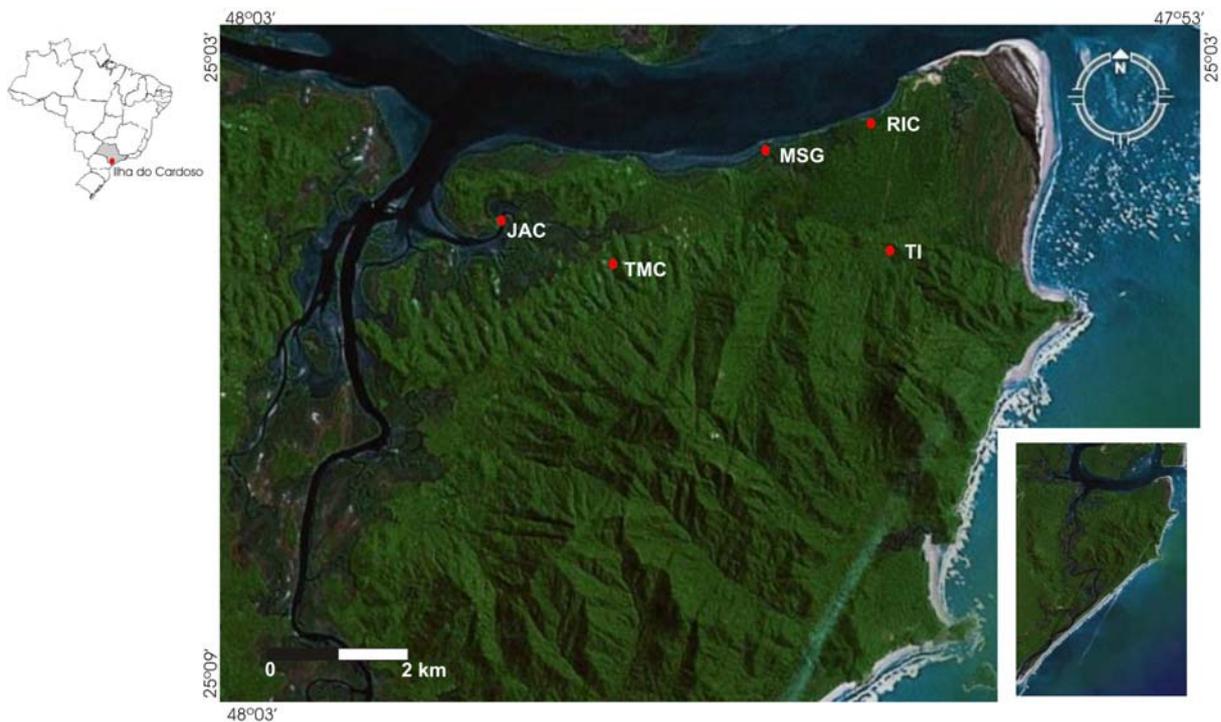


Figura 5 – Imagem da Ilha do Cardoso indicando os locais de amostragem: (RIC) Floresta de Restinga; (TI) Floresta de Encosta – Morro Três Irmãos; (TMC) Floresta de Encosta - Morro do Cardoso; (MSG) Mangue Sítio Grande; (JAC) Mangue do rio Jacariú (Fonte Google Earth).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa: quente, úmido e sem estiagem, com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e do mês mais frio inferior a 18°C. A temperatura média anual é entre 20°C e 22°C com amplitude anual baixa, embora alguns dias de inverno possam baixar a menos de 10°C e em outros de verão possam alcançar de 37°C a 40°C. A precipitação média anual é de 2.250 mm sem ocorrência de estação seca. O período mais chuvoso ocorre nos meses de dezembro a maio (SÃO PAULO (ESTADO), 1998).

A topografia é predominantemente montanhosa, sendo a região central da ilha ocupada por um maciço que atinge mais de 800 m de altura. Os solos das planícies são resultados de sedimentação marinha recente e são do tipo Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico, caracterizado pelo alto teor de areia, baixos teores de argila e silte e baixa fertilidade. Nas meias encostas e morros isolados predominam o Latossolo Vermelho-Amarelo, e nas encostas mais acidentadas o Argissolo Vermelho-Amarelo com transição para Latossolo Vermelho-Amarelo. Estes solos, geralmente profundos e bem drenados, são formados a partir de rochas granito-gnaiss e apresentam alto teor de argila, baixo pH, coloração alaranjada e baixa fertilidade.

A Ilha do Cardoso representa uma amostra em escala reduzida de todos os tipos de vegetação ocorrentes na costa atlântica do Brasil (BARROS et al., 1991). Na ilha são encontradas diferentes formações vegetais naturais, relacionadas principalmente com as características do substrato: vegetação de dunas; Floresta de Restinga; Floresta Ombrófila Densa da planície litorânea; Floresta Ombrófila Densa da Serra do Mar; campos de altitude e os manguezais (Figura 6).

a) Vegetação de dunas. Esta formação distribui-se principalmente a nordeste, nas praias entre a Barra de Cananéia e a Ponta de Itacuruçá, e a sul-sudeste, entre a Vila de Marujá e a Barra de Ararapira. De modo geral, não difere daquela ocorrente em outros pontos da costa brasileira, caracterizando-se pelo hábito rastejante e grande espaçamento entre os indivíduos. Na faixa sujeita à ação do mar (praia) ocorrem poucas espécies pioneiras, destacando-se *Blutaparon portulacoides* (St. Hil.) Mears (Amaranthaceae). Afastando-se da orla marítima, a vegetação torna-se gradativamente mais densa e diversificada, em consequência da diminuição da salinidade e maior consolidação do substrato. Nessa faixa destaca-se *Spartina ciliata* Brongn. (Poaceae) por seu papel na fixação do substrato, levando à formação de pequenas elevações de areia (BARROS et al., 1991).

b) Floresta de Restinga. Cobre a maior parte da planície arenosa da ilha, nas áreas interiores e adjacentes à vegetação de dunas, principalmente a nordeste, sul e sudeste. Apresenta-se como um complexo de diferentes comunidades vegetais (BARROS et al., 1991). Segundo Sugiyama (1993), a

vegetação apresenta-se em mosaico, compreendendo desde formações abertas e baixas, com 4 a 5 metros de altura, até formações arbóreas fechadas, de 15 m de altura.

c) *Floresta Ombrófila Densa da planície litorânea*. Estende-se sobre a planície ocupada por sedimentos arenosos marinhos e flúvio-marinhos antigos, ocupando o perímetro do maciço montanhoso central, ocorrendo, em sua maior extensão, a norte e a leste da Ilha do Cardoso. Essa formação ocorre em continuidade à floresta de restinga periodicamente inundada, sem que seja possível, no entanto, estabelecer limites precisos (BARROS et al., 1991).

d) *Floresta Ombrófila Densa da Serra do Mar (Floresta de Encosta)*. Cobre as encostas e topos mais baixos do maciço montanhoso central da ilha e os morros isolados, chegando a alcançar o costão rochoso em contato com o oceano a leste, entre as praias de Cambriú e de Ipanema. Destaca-se nessa vegetação a grande quantidade de indivíduos de *Euterpe edulis* Mart. (BARROS et al., 1991).

e) *Campos de altitude*. Nos picos mais altos da ilha a vegetação sofre modificações, florística e fisionômica, com diminuição acentuada da altura dos indivíduos e número de epífitas. Nesses picos predominam uma formação arbustiva interrompida, apenas ocasionalmente, por rochas expostas (BARROS et al., 1991).

f) *Manguezais*. A vegetação de mangue cobre os sedimentos de lodo da planície litorânea encontrados na foz dos rios e ao longo do canal de Ararapira. Ocupa 8% da área total e está situada predominantemente na face voltada para os canais internos, exceção feita ao mangue da foz do rio Cambriú, voltado para costa atlântica, onde as águas do rio são obstruídas pela presença de um banco arenoso. O manguezal da Ilha do Cardoso não foge ao padrão dos manguezais da costa brasileira e as espécies encontradas são: *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae), com suas características raízes-escora, *Laguncularia racemosa* C.F. Gaertn. (Combretaceae) e *Avicennia schaueriana* Stapf. & Leech. (Acanthaceae). Nas bordas dos manguezais, por sua vez, ocorrem comumente *Hibiscus pernambucensis* Arruda (Malvaceae), *Spartina ciliata* Brongn. (Poaceae) e *Acrosticum* sp

(Lomariopsidaceae). Também é grande a ocorrência de epífitas e líquens.

No presente trabalho as amostragens foram realizadas na Floresta de Restinga, na Floresta Ombrófila Densa (Floresta de Encosta) e no manguezal. Coletaram-se amostras de solo através de trincheiras nos pontos RIC e TMC e de tradagens no ponto TI. Nos pontos MSG e JAC foram coletados testemunhos nos manguezais (Figura 5). Na Tabela 1 apresentam-se a localização dos pontos de coleta de solos, plantas e material do mangue.

Tabela 1 – Pontos de coleta no Parque Estadual da Ilha do Cardoso

Pontos de coleta	Formação vegetal	Latitude	Longitude	Material coletado	Profundidade amostrada (cm)
RIC	Floresta de Restinga	25°04'645''	47°55'92'' O	Solo (trincheira), plantas	200
TI	Floresta de Encosta	25°05'811'' S	47°55'798'' O	Solo (tradagem), plantas	160
TMC	Floresta de Encosta	25°06'132'' S	47°58'532'' O	Solo (trincheira)	240
MSG	Mangue	25°4'805'' S	47°56'890'' O	Solo (vibrotestemunhador), plantas	196
JAC	Mangue	25°05'463'' S	47°59'681'' O	Solo (vibrotestemunhador)	238

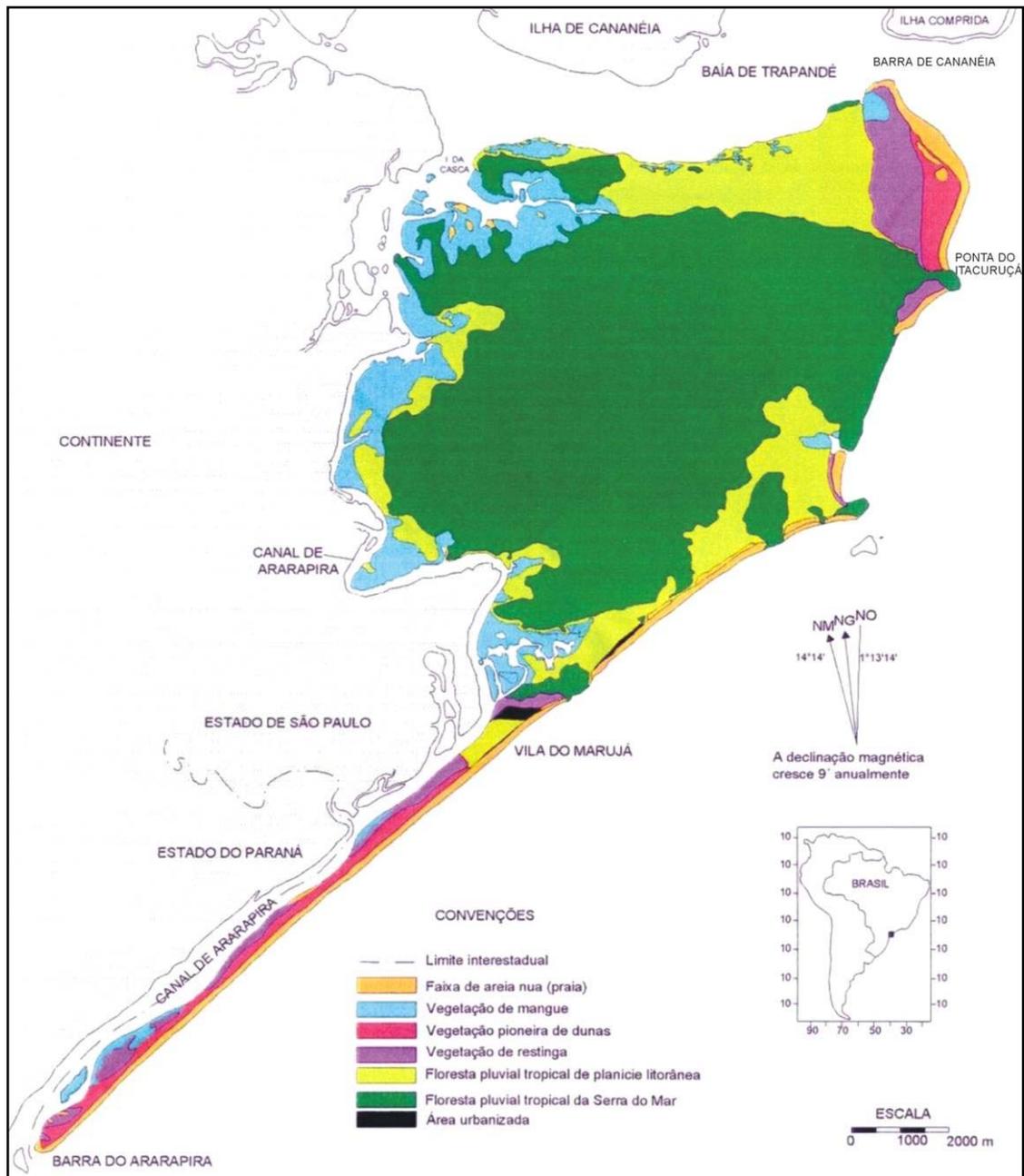


Figura 6 - Distribuição dos diferentes tipos de vegetação ocorrentes na Ilha do Cardoso (FELICETTI, 2001).

4.2. Parque Estadual Carlos Botelho (PECB)

O Parque Estadual Carlos Botelho possui área total de 37.794 ha e encontra-se na região sul do estado de São Paulo, entre os paralelos 24°00' e 24°15'S e os meridianos 47°45' e 48°10'O. Engloba parte dos municípios de São Miguel Arcanjo, Capão Bonito e Sete Barras, com altitudes que variam de 30 a 1300 m (DOMINGUES & SILVA, 1988; NEGREIROS, 1982) (Figura 7).

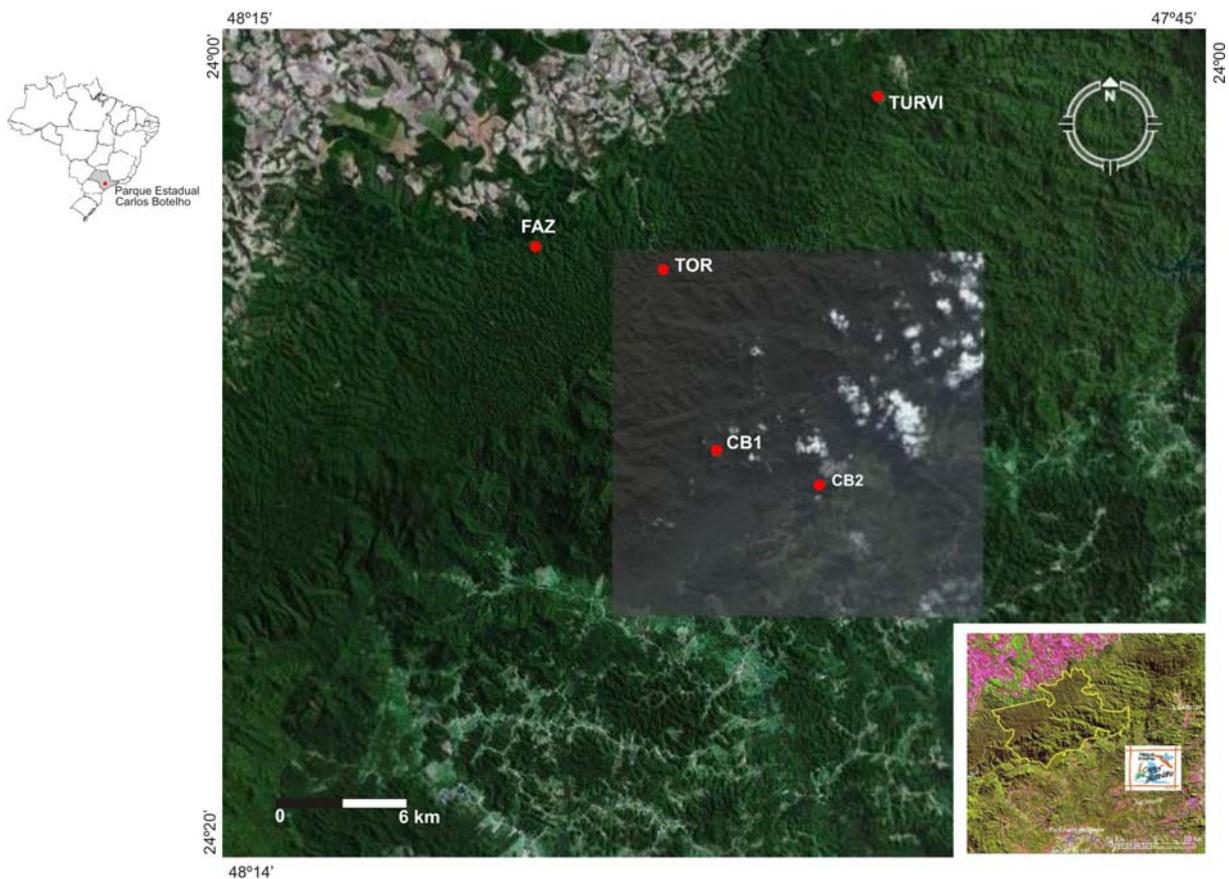


Figura 7 - Imagem do Parque Estadual Carlos Botelho indicando os locais de amostragem, todos sob Floresta Ombrófila Densa (Floresta de Encosta) (Fonte Google Earth).

A área do PECB compreende duas unidades geomorfológicas: o Planalto de Guapiara, drenado pelos rios que formam a bacia hidrográfica do rio Parapanema, e a Serra de Paranapiacaba, drenada pelos ribeirões Travessão, Temível e da Serra e pelos rios Preto e Quilombo, todos formadores da bacia do rio Ribeira de Iguape. Predominam no Parque as rochas graníticas que definem um relevo acidentado (DOMINGUES & SILVA, 1988).

O tipo de relevo define dois tipos climáticos diferentes segundo a classificação de Köppen: a) clima quente úmido sem estiagem (Cfa), que ocupa áreas do Planalto de Guapiara com altitudes inferiores a 800 m e a média e baixa escarpa da Serra de Paranapiacaba, possuindo temperaturas inferiores a 18°C no mês mais frio e superiores a 22°C no mês mais quente, sendo o total pluviométrico do mês mais seco superior a 30 mm; b) clima temperado úmido sem estiagem (Cfb), que se encontra nas partes mais elevadas da Serra de Paranapiacaba, diferindo do anterior apenas pela temperatura média do mês mais quente, que não ultrapassa 22°C (SETZER, 1946).

A vegetação compreende a Floresta Ombrófila Densa (Floresta de Encosta) com grande diversidade de espécies. A maioria compõe-se de madeira de lei, medicinal, destacando-se uma de grande interesse alimentar e econômico que é o palmito juçara. É a Unidade de Conservação que apresenta maior cobertura de mata primária natural contínua.

Foram realizadas amostragens de solos através de trincheiras nos pontos CB1 e TOR e de tradagens nos pontos CB2, TOR, TURVI e FAZ. Na Tabela 2 e Figura 7 apresentam-se a localização dos pontos de coleta de solos e plantas.

Tabela 2 – Pontos de coleta no Parque Estadual Carlos Botelho

Pontos de coleta	Formação vegetal	Latitude	Longitude	Material coletado	Profundidade amostrada (cm)
CB1	Floresta de Encosta	24°10'348" S	47°57'811" O	Solo (trincheira)	150
CB2	Floresta de Encosta	24°11'368" S	47°55'132" O	Solo (tradagem)	270
TOR	Floresta de Encosta	24°06'411" S	47°59'186" O	Solo (tradagem/ trincheira), plantas	330
TURVI	Floresta de Encosta	24°02'743" S	47°53'191" O	Solo (tradagem)	240
FAZ	Floresta de Encosta	24°06'044" S	48°03'275" O	Solo (tradagem)	400

V. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Vegetação

5.1.1. Amostragem. Foram coletadas amostras de plantas na Floresta de Restinga, Floresta de Encosta e no mangue Sítio Grande localizados na Ilha do Cardoso e, na Floresta de Encosta, em Carlos Botelho para análise da composição isotópica foliar. A identificação das espécies foi feita pelo Dr. Ricardo Franchischetti Garcia, botânico do Herbário Municipal de São Paulo.

5.1.2. Composição isotópica ($\delta^{13}C$). Após terem sido lavadas, secas e moídas, foram enviadas aproximadamente 4 mg das amostras de plantas ao Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP para a determinação de ^{13}C em analisador elementar acoplado a um espectrômetro de massa ANCA SL 2020 da Europa Scientific. Os resultados foram expressos pela unidade relativa “ δ ”, determinada em relação ao padrão internacional PDB (Equação 4):

5.2. Solos

5.2.1. Amostragem. As amostragens de solo foram feitas em trincheiras ou em perfurações com trado (Fotos 1 e 2). Quando em trincheiras, foram coletados aproximadamente 3 kg de solo por camada, a cada 10 cm, no sentido das camadas inferiores para as superiores.

No laboratório, após secagem, as amostras foram peneiradas em malha de 2 mm para o destorroamento, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar. Durante o peneiramento, restos de raízes,

folhas, insetos, etc. foram separados.

5.2.2. *Granulometria*. A análise granulométrica dos solos foi realizada no Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Ciência do Solo – ESALQ/USP, através do método do densímetro (KIEHL, 1979). Foram utilizados aproximadamente 100 g de amostra.

5.2.3. *Análise elementar e isotópica*. Após peneiramento a 0,210 mm e pesagem em balança analítica, foram enviados aproximadamente 80 mg de amostras de solo ao Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP para determinação do carbono orgânico total e $\delta^{13}\text{C}$ em analisador elementar acoplado a um espectrômetro de massa ANCA SL 2020 da Europa Scientific. Os resultados foram expressos, respectivamente, em porcentagem de peso seco e pela unidade relativa “ δ ”, determinada em relação ao padrão internacional PDB (Equação 4):

5.2.4. *Datação por ^{14}C* . Foram selecionadas cinco amostras de solos coletados na Ilha do Cardoso e quatro em Carlos Botelho (Tabela 3) para a datação ^{14}C . Partindo-se de aproximadamente 1000 g de terra fina seca ao ar, submeteram-se as amostras a um fracionamento granulométrico com peneira de 210 μm efetuando-se a catação de resíduos orgânicos como fragmentos de madeira, raízes e insetos. Em seguida fez-se flutuações em HCl 0,01M para eliminação de pequenas raízes.

Para a extração da humina, fração mais representativa da idade da MOS, as amostras foram submetidas a tratamentos ácido-alcalino-ácido. A primeira extração ácida (HCl 0,5M a 80°C por 4 h), foi realizada para a remoção de ácidos fúlvicos, a extração alcalina ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ e NaOH 0,1N a frio) para remoção de ácidos fúlvicos e húmicos e a segunda e última extração ácida (HCl 3M a 100°C por 12 h) para evitar contaminação com CO_2 atmosférico durante a etapa alcalina. Foram realizadas lavagens com água desionizada entre todas as etapas, descartando-se sempre o sobrenadante (PESSENDA et al., 1996a, 1996b). Os resíduos ácidos/básicos foram neutralizados e descartados.

O resíduo obtido após as etapas descritas é denominado humina e, após secagem a 50°C,

submetido à datação ^{14}C . Devido a baixa concentração de carbono nas amostras da fração húmica, a quantidade de benzeno obtida muitas vezes inferior a 1 ml, requer significativa diluição (> 70%) com benzeno espectrográfico, afetando a precisão e exatidão do método. Para se evitar tais problemas, alíquotas de CO_2 da combustão das amostras de húmica com teores inferiores a 1g de carbono foram coletadas em recipientes especiais de vidro e enviadas ao Laboratório IsoTrace em Toronto, Canadá, para análises de ^{14}C por AMS (Accelerator Mass Spectrometry). As amostras com maiores teores de carbono foram sintetizadas a benzeno e analisadas no Laboratório de ^{14}C do CENA/USP pela técnica de cintilação líquida (PESSENDA & CAMARGO, 1991). As datações ^{14}C foram apresentadas como anos AP (antes do presente, sendo presente o ano de 1950).

Tabela 3 - Amostras de solos selecionadas para datação ^{14}C .

Ilha do Cardoso	Carlos Botelho
RIC 100-110cm	TOR 50-60cm
RIC 170-180cm	TOR 100-110cm
TMC 50-60cm	TOR 150-160cm
TMC 150-160cm	TOR 240-260cm
TMC 220-240cm	

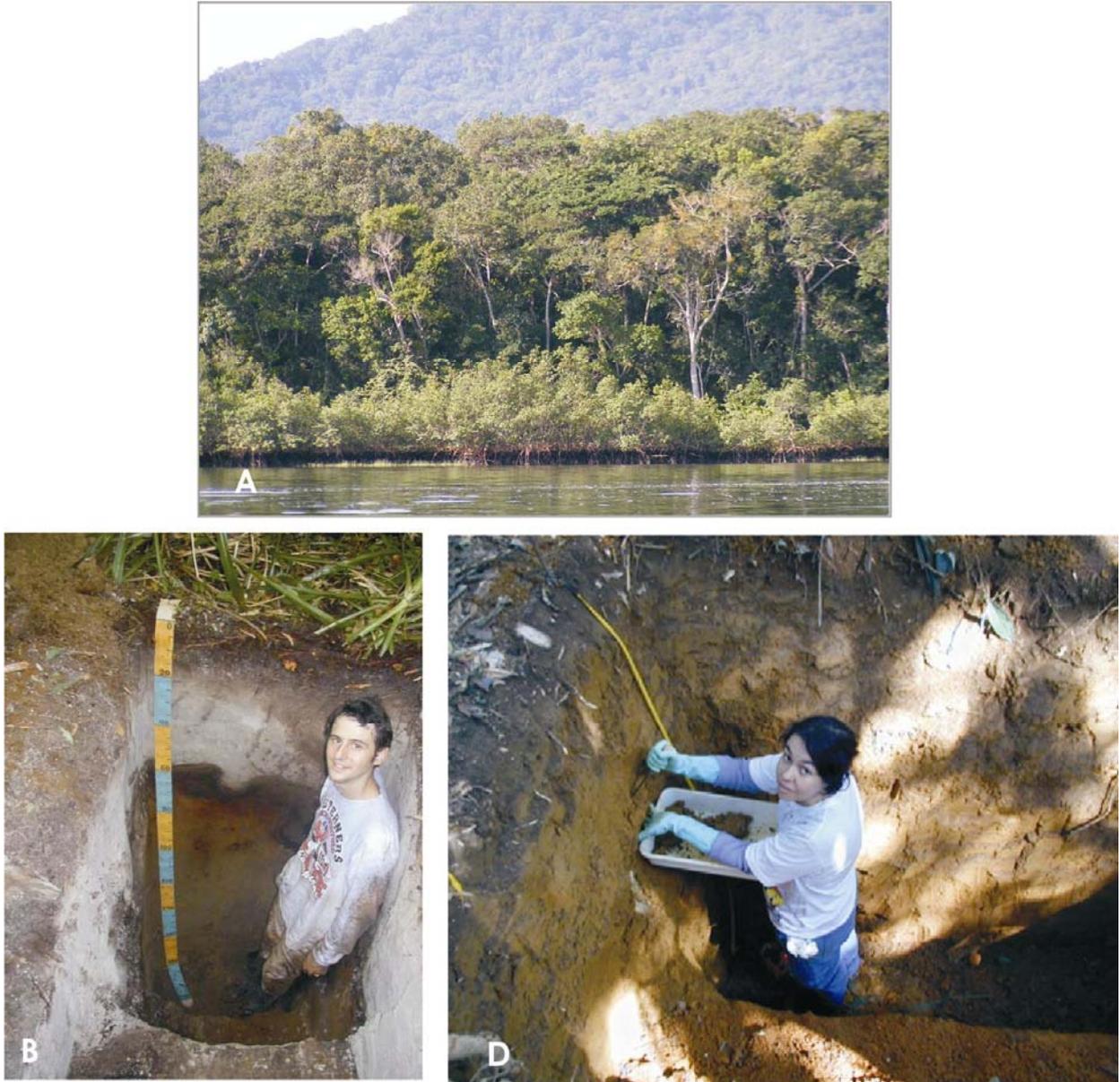


Foto 1 - (A) Vegetação da Ilha do Cardoso mostrando o manguezal, a floresta de restinga e ao fundo a floresta de encosta; (B) Trincheira aberta na Restinga (RIC); (C) Trincheira aberta na Encosta (TMC).



Foto 2 - (A) Vegetação de Carlos Botelho; (B e C) Trincheira aberta no ponto TOR; (D) Tradagem realizada no ponto CB2; (E) Tradagem realizada no ponto TURVI.

5.3. Chuva polínica atual

Para a análise da chuva polínica atual foram coletadas, ao acaso, 10 amostras de solo na camada superficial (5 cm) sendo, uma no mangue Sítio Grande, seis amostras no Morro do Cardoso (próximos ao ponto TMC, indicado no mapa da Figura 5) e três no Morro Três Irmãos (próximos ao ponto TI, indicado no mapa da Figura 5). A descrição da metodologia para extração química dos palinomorfos pode ser encontrada em Colinvaux et al. (1999). As coordenadas de cada ponto de coleta são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Pontos de coleta de amostras de solo para análise da chuva polínica atual

Pontos de coleta	Localização	Latitude	Longitude	Altitude (m)
P.1	Mangue Sítio Grande	25°4'805" S	47°56'890" O	
P.2	Morro do Cardoso (Floresta de Encosta)	25°06'111" S	47°58'575" O	11
P.3	Morro do Cardoso (Floresta de Encosta)	25°06'160" S	47°58'501" O	111
P.4	Morro do Cardoso (Floresta de Encosta)	25°06'396" S	47°58'453" O	246
P.5	Morro do Cardoso (Floresta de Encosta)	25°06'550" S	47°58'310" O	460
P.6	Morro do Cardoso (Floresta de Encosta)	25°06'571" S	47°58'276" O	502
P.7	Morro do Cardoso (Floresta de Encosta)	25°07'072" S	47°58'241" O	633
P.8	Morro Três Irmãos (Floresta de Encosta)	25°06'015" S	47°55'515" O	53
P.9	Morro Três Irmãos (Floresta de Encosta)	-	-	~200
P.10	Morro Três Irmãos (Floresta de Encosta)	-	-	~350

- não foram anotadas as coordenadas

5.4. Mangue

5.4.1. Coleta dos testemunhos. Os testemunhos do mangue foram obtidos utilizando-se um vibrotestemunhador (MARTIN & FLEXOR, 1989) (Foto 3). Foram coletados dois testemunhos, sendo um no mangue Sítio Grande e outro no mangue do rio Jacariu. Durante a coleta utilizaram-se tubos de alumínio de 3 polegadas e 6 metros de comprimento. Os materiais amostrados foram levados intactos ao laboratório para posterior abertura e descrição macroscópica dos depósitos sedimentares e mantidos em salas frias, com temperatura de 4°C, para evitar o crescimento de fungos e bactérias. Esses

organismos podem interferir na datação ^{14}C . Fungos podem metabolizar compostos de carbono dos solos e trocar CO_2 com a atmosfera, durante o processo de respiração, contaminando assim as amostras com carbono recente.



Foto 3 – Coleta dos testemunhos: (A) mangue Sítio Grande; (B) mangue do rio Jacariu.

5.4.2. *Abertura do testemunho e amostragem.* Os tubos com os materiais coletados foram serrados com o auxílio de uma serra elétrica no Laboratório de ^{14}C do CENA/USP. Após a descrição da coluna estratigráfica foram separadas alíquotas do testemunho de 2 em 2 cm (Foto 4) para as análises isotópicas, palinológicas e diatomológicas. As amostras foram mantidas na geladeira até a fase de tratamento químico.



Foto 4 – Testemunhos coletados: (A₁ e A₂) mangue Sítio Grande; (B) mangue do rio Jacariu

5.4.3. *Descrição da coluna estratigráfica.* Os materiais coletados foram caracterizados pela Dra. Fresia Ricardi-Branco e Dr. Felipe Haenel Gomes com respeito à cor e textura, utilizando-se a carta de Munsell de cores para solo (MACBETH DIVISION OF KOLLOMORGIN CORPORATION, 1995).

5.4.4. *Análise elementar e isotópica.* Após a retirada de contaminantes e pesagem em balança analítica, foram enviados aproximadamente 10 mg das amostras ao Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP, para a determinação do carbono e nitrogênio orgânico total, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em analisador elementar acoplado a um espectrômetro de massa ANCA SL 2020 da Europa Scientific. Os resultados elementares foram expressos em porcentagem de peso seco e os isotópicos, pela unidade relativa “ δ ”, determinada em relação ao padrão internacional PDB para ^{13}C e em relação ao ar para ^{15}N .

5.4.5. *Datação por ^{14}C .* Foram selecionadas 12 amostras do testemunho MSG e 6 amostras do testemunho JAC (Tabela 5). Após tratamento físico para remoção de folhas, insetos, raízes, etc., as amostras foram submetidas à hidrólise com HCl 4-8% por 5 h a 80°C. Posteriormente as amostras foram lavadas até pH 5, secas em estufa a 50°C por 48 horas e submetidas à combustão. Amostras com maiores teores de carbono foram sintetizadas a benzeno e analisadas por espectrometria de cintilação líquida no Laboratório de ^{14}C do CENA/USP. As amostras com teores inferiores a 1,0 g de carbono, foram enviadas em cápsulas de vidro, na forma de CO_2 , ao Laboratório IsoTrace no Canadá para determinação da idade ^{14}C por AMS.

Tabela 5 - Amostras do mangue Sítio Grande e mangue do rio Jacariu selecionadas para datação ^{14}C .

Local de coleta	Profundidade (cm)	Material datado
MSG	23-33	Matéria orgânica
“	23-33	Fragmento de madeira
“	60-69	Matéria orgânica
“	93-98	Matéria orgânica
“	70-74	Matéria orgânica
“	76-80	Matéria orgânica
“	80-84	Matéria orgânica
“	86-90	Matéria orgânica
“	123-130	Matéria orgânica
“	150-156	Matéria orgânica
“	175-180	Fragmento de madeira
“	190-196	Matéria orgânica
JAC	14	Fragmento de madeira
“	31-40	Conchas
“	48-52	Matéria orgânica
“	62	Fragmento de madeira
“	75-80	Matéria orgânica
“	211	Matéria orgânica

MSG – mangue Sítio Grande

JAC – mangue do rio Jacariu

5.4.6. *Datação por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE)*. Duas amostras, JAC 118-120 cm e JAC 230-238 cm, foram selecionadas para datação por LOE. As amostras foram coletadas em sacos plásticos pretos, evitando-se a incidência de luz, identificadas e encaminhadas para procedimento analítico no Laboratório de Datação e Vidros da Faculdade Tecnológica de São Paulo (Fatec). A datação por LOE foi realizada de acordo com o procedimento analítico citado por Tatumi et al. (2003) e a idade absoluta foi obtida através da termo luminescência dos grãos de quartzo.

5.4.7. *Tratamento químico das amostras para extração de pólen e esporos*. Os estudos palinológicos foram realizados no Laboratório ^{14}C do CENA/USP, sob a supervisão da pesquisadora Dra. Fresia S. Ricardi-Branco, do Departamento de Geologia e Recursos Naturais do Instituto de

Geociências da UNICAMP. O tratamento químico das amostras seguiu a metodologia clássica estabelecida por Faegri & Iversen (1989) para testemunhos do Quaternário. Partindo-se de 5g de amostra, os tratamentos foram feitos em tubos de polipropileno de 50ml e 15ml. Depois de cada tratamento os tubos foram centrifugados e o líquido sobrenadante cuidadosamente descartado, para evitar a perda de pólen. Em cada etapa do processo, a centrifugação foi feita em 3000 rotações por minuto (rpm) durante 8 minutos. O tratamento envolveu as seguintes etapas:

a) Remoção de silicatos com HF. Às amostras foram adicionados HF em quantidade suficiente para cobri-las, permanecendo no ácido por no mínimo 18 horas. Após esse período centrifugaram-se as amostras, descartando-se o HF em um recipiente de plástico. O resíduo foi armazenado para posterior neutralização, efetuada pelo sistema de gerenciamento de resíduos do CENA/USP.

b) Remoção de colóides de sílica com HCl (a quente). Após a retirada do HF adicionou-se HCl 50%. As amostras foram deixadas em banho-maria por 10 minutos. Para a retirada do HCl centrifugaram-se as amostras. Repetiu-se o processo até o ácido tornar-se incolor. Centrifugaram-se as amostras com água destilada por duas vezes.

c) Remoção de ácidos húmicos por solução de 10% de KOH. As amostras imersas em KOH foram deixadas em banho-maria por 10 minutos, mexendo-se ocasionalmente. Para a retirada do KOH centrifugaram-se as amostras. Quando o KOH tornou-se incolor, lavaram-se as amostras com água destilada por duas vezes.

d) Separação dos palinórfos por densidade. Após as lavagens com água destilada adicionou-se cloreto de zinco ($ZnCl_2$, densidade = $2,0g/cm^3$) às amostras. Centrifugou-se e passou-se o sobrenadante para outro tubo de vidro e descartou-se o precipitado. Ao sobrenadante juntou-se HCl (25%) para abaixar a densidade e precipitar o material de interesse. Centrifugaram-se as amostras e, ao final do processo descartou-se o ácido e lavou-se o material precipitado por três vezes com água destilada.

Após o tratamento químico as amostras permaneceram em repouso por 30 minutos, em uma solução de glicerina 10%, para a re-hidratação dos grãos de pólen e esporos. Retirou-se essa solução com a centrifugação das amostras. Ao resíduo final adicionou-se, em média, 10 gotas de glicerina. O volume de resíduo de cada amostra foi medido com o auxílio de micropipetas (200µl, 100µl e 50µl). Essa medida foi feita para posteriormente serem realizados os cálculos de concentração.

5.4.8. Montagem das lâminas. Para a montagem das lâminas utilizou-se o líquido de secagem rápida Histolaque LMR (cola). Foram traçadas duas linhas de cola na lâmina e em seguida adicionou-se 50µl de amostra no centro da lâmina e colocou-se a lamínula por cima, de modo a não proporcionar a formação de bolhas de ar.

5.4.9. Identificação, contagem dos grãos e construção dos diagramas polínicos. A identificação e contagem dos grãos de pólen e esporos foi efetuada em microscópio óptico, marca Carl Zeiss, modelo Axioskop 40, no Laboratório ¹⁴C do CENA com objetivas de 100x (imersão em óleo). Em cada amostra foram contados em média 300 grãos de táxons arbóreos, além dos táxons herbáceos e esporos. Para a determinação dos tipos polínicos foram utilizadas as coleções de referência do Laboratório de Geologia e Recursos Naturais na UNICAMP, do Laboratório de Paleobotânica na Universidade de Guarulhos, com o apoio do Prof. Paulo Eduardo de Oliveira e do Laboratório de ¹⁴C no CENA/USP, além de consultas a diversos Atlas polínicos (SALGADO-LABORIAU, 1973; ABSY, 1975; MARKGRAF & D'ANTONI, 1978; ROUBIK & MORENO, 1991; COLINVAUX et al., 1999). Para a classificação dos táxons utilizou-se para pteridófitas e gimnospermas a sistemática proposta por Joly (1963 e 1998) e para as angiospermas a classificação proposta pela APG II (Angiosperm Phylogeny Group II) de 2003.

Dois tipos de diagramas foram utilizados para apresentar os resultados obtidos pela análise palinológica: diagramas de porcentagens individuais de cada táxon e diagramas de agrupamento ecológico. No primeiro caso os dados foram expressos em porcentagem de cada táxon em relação à

soma de grãos de pólen de plantas arbóreas, herbáceas e indeterminadas, sendo excluídos os táxons de plantas aquáticas e grãos de esporos. A frequência relativa dos esporos e táxons aquáticos foi calculada em relação à soma total de grãos contados. Nos diagramas por agrupamento ecológico foram representados os grupos de táxons de plantas arbóreas, herbáceas, aquáticas e esporos.

5.4.10. Cálculos de concentração (grãos / grama de material). Para o cálculo da concentração dos grãos baseou-se na equação matemática descrita por Cour (1974):

$$f(\%) = (v / V) * (l / L) * 100 \quad (6)$$

onde: **v** = volume de resíduo utilizado na confecção da lâmina palinológica; **V** = volume total de resíduo após o tratamento químico; **l** = largura total observada na lâmina durante a contagem dos grãos (dada pelo número de linhas observado x tamanho do campo da objetiva utilizada); **L** = largura média utilizada em cada lâmina, definida pelas linhas longitudinais de contato entre o resíduo e a linha de cola traçada na lâmina.

Calculada a fração observada de cada resíduo (**f**%), pode-se calcular a concentração de grãos de pólen por grama de solo, a partir da equação:

$$R = (n * 100 / f) m \quad (7)$$

onde: **n** = soma total de grãos de pólen contados em uma lâmina; **f** = fração observada do resíduo; **m** = massa inicial utilizada no tratamento químico da amostra.

5.4.11. Tratamento químico para extração das diatomáceas e montagem das lâminas: O tratamento químico das amostras seguiu a metodologia estabelecida por Battarbee (1986). Partindo-se

de 1,0cm³ de amostra, o tratamento foi feito em tubos de polipropileno de 50ml e consistiu nas seguintes etapas:

- Homogeneizou-se a amostra com 1ml de água destilada;
- Adicionou-se 3ml de água oxigenada (H₂O₂) a 30 volumes e aqueceu-se em estufa a 50°C por 24 horas, cuidando para que não houvesse perda de material por ebulição;
- Lavou-se 5 vezes o precipitado com água destilada através de centrifugação para eliminar toda a água oxigenada;
- Após a última centrifugação, desprezou-se o sobrenadante e transferiu-se o resíduo para frascos de 5ml, completando com água destilada;
- Adicionaram-se duas cápsulas de esporo exótico de *Lycopodium clavatum*;
- Homogeneizaram-se os precipitados através de agitação manual e manteve-se em repouso por 3 minutos;
- Numa placa de aquecimento, colocou-se 0,2ml da amostra sobre uma lamínula e aqueceu-se à temperatura de aproximadamente 50°C, até completa evaporação da água;
- Colocaram-se as lamínulas, com o auxílio de uma pinça, sobre as lâminas de microscopia contendo 1 ou 2 gotas de Zrax Mounting Medium e deixou-se secar.

5.4.12. Identificação e contagem dos táxons. A identificação e contagem dos táxons foi efetuada em microscópio óptico marca Carl Zeiss, modelo Axioskop 40, no Laboratório ¹⁴C do CENA com objetivas de 100x (imersão em óleo). Em cada amostra foram contadas em média 300 valvas, considerando somente as valvas inteiras, descartando-se as fragmentadas. Optou-se pela contagem de valvas e não de frústulas porque o processo para extração das diatomáceas tende a separar as duas valvas do mesmo indivíduo. Para a identificação de gêneros e espécies foram consultadas descrições e ilustrações na bibliografia especializada (MOREIRA-FILHO, 1960; PATRICK & REIMER, 1966, 1975; BICUDO & BICUDO, 1970; ROUND et al, 1990; SILVA-CUNHA & ESKINAZI-LEÇA, 1990; MORO e FÜRSTENBERGER, 1997; FÜRSTENBERGER, 2001).

Diagramas diatomológicos de porcentagem e concentração foram confeccionados através do programa Tília/TíliaGraph, enquanto a delimitação das zonas diatomológicas foi realizada com o emprego do subprograma CONISS do programa Tília/TíliaGraph (GRIMM, 1987). Para o cálculo de concentração o programa Tília utiliza a equação abaixo (8):

$$\text{Concentração} = \frac{\text{esporo adicionado}}{\text{esporo contado}} \times \frac{\text{diatômáceas contadas}}{\text{volume cm}^{-3}} \quad (8)$$

VI. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. Caracterização botânica e isotópica das plantas

Na Tabela 6 encontram-se os resultados da composição isotópica das plantas coletadas na Floresta de Restinga, na Floresta de Encosta e no mangue Sítio Grande localizados na Ilha do Cardoso. As espécies foram caracterizadas como plantas com ciclo fotossintético C₃, com valores entre -28,9‰ e -36,3‰, inclusive a gramínea *Merostachys* sp (Poaceae), coletada na Restinga, que apresentou um $\delta^{13}\text{C}$ de -31,9‰. Apenas *Spartina alterniflora* Loisel (Poaceae), coletada no mangue, apresentou valor de -14,5‰, caracterizando-se como planta C₄.

Os resultados da composição isotópica das plantas coletadas na Floresta de Encosta localizada em Carlos Botelho são apresentados na Tabela 7. Os resultados indicaram predomínio de plantas com ciclo C₃ com valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -26,8‰ e -36,6‰ e a presença de algumas gramíneas e ciperáceas com ciclo C₄ com valores entre -10,9‰ e -13,3‰.

Tabela 6 - Lista das plantas coletadas na Floresta de Restinga, na Floresta de Encosta e no mangue Sítio Grande, localizados na Ilha do Cardoso e respectivos valores de $\delta^{13}\text{C}$.

Família	Espécie	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
RIC (Floresta de Restinga)		
Araceae	<i>Anthurium itanhaense</i> Engler	-36,3
Arecaceae	<i>Geonoma schottiana</i> Mart.	-35,2
Dennstaedtiaceae	<i>Lindsaea</i> sp	-31,1
Fabaceae	Indeterminada	-31,8
Loganiaceae	<i>Spigelia beyrichiana</i> Cham. & Schltldl	-34,8
Melastomataceae	<i>Miconia racemifera</i> (Schanck & Mart. ex DC.) Triana	-33,7
	<i>Miconia rigidiuscula</i> Cogn.	-34,5
Myrsinaceae	Indeterminada	-33,7
Myrtaceae	Indeterminada	-34,1
Nyctaginaceae	Indeterminada	-32,6
Poaceae	<i>Merostachys</i> sp	-31,9
Polygalaceae	<i>Polygala laureola</i> A.St.-Hil.	-35,6
Rubiaceae	<i>Alibertia</i> sp	-35,1
	<i>Psychotria</i> sp	-30,3
TMC (Floresta de Encosta)		
Annonaceae	<i>Guatteria australis</i> A. St.-Hil.	-34,3
Arecaceae	<i>Geonoma elegans</i> Mart.	-35,5
Boraginaceae	<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	-34,1
Cyatheaceae	<i>Cyathea corcovadensis</i> (Raddi) Domin	-33,7
Cyperaceae	Indeterminada 1	-34,3
	Indeterminada 2	-35,4
Elaeocarpaceae	<i>Sloanea guianensis</i> Benth.	-32,2
Euphorbiaceae	<i>Alchornea triplinervia</i> Müll. Arg.	-33,9
	<i>Pera glabrata</i> Poepp. ex Baill.	-32,4
Fabaceae	Indeterminada 1	-32,5
	Indeterminada 2	-32,4
Lauraceae	<i>Ocotea dispersa</i> (Nees) Mez	-33,4
	Indeterminada	-32,8
Melastomataceae	<i>Miconia cubatanensis</i> Hoehne	-33,3
	<i>Miconia valtherii</i> Naudin	-32,7
Meliaceae	<i>Guarea macrophylla</i> Vahl.	-34,7
	Indeterminada	-33,0
Moraceae	<i>Sorocea</i> sp.	-33,7
Myrtaceae	<i>Calyptanthes lanceolata</i> O. Berg.	-35,0
	<i>Myrcia pubipetala</i> Miq.	-36,3
	Indeterminada	-34,3
Poaceae	<i>Chusquea</i> sp.	-33,2
Rubiaceae	<i>Amaioua</i> sp.	-33,0
	<i>Psychotria leiocarpa</i> Cham. & Schltldl.	-35,4
	<i>Psychotria</i> sp.	-34,8
	Indeterminada	-35,7
Rutaceae	<i>Esenbeckia grandiflora</i> Mart.	-31,9
Sapindaceae	<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	-36,9
Sapotaceae	<i>Ecclinusa ramiflora</i> Mart.	-33,3
Urticaceae	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	-32,8
MSG (Mangue Sítio Grande)		
Acanthaceae	<i>Avicennia schaueriana</i> Stapf & Leechman ex Moldenke	-28,9
Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i> C.F. Gaertn	-29,3
Poaceae	<i>Spartina alterniflora</i> Loisel	-14,5
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i> L.	-30,2

Tabela 7 - Lista de plantas coletadas no ponto TOR em Carlos Botelho e respectivos valores de $\delta^{13}\text{C}$.

Família	Espécie	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
Araceae	<i>Philodendron propinquum</i> Schott	-32,0
Arecaceae	<i>Geonoma schottiana</i> Mart.	-35,1
Asteraceae	<i>Erechtites valerianifolius</i> (Wolf.) DC.	-33,0
	Indeterminada 1	-28,9
	Indeterminada 2	-28,7
Begoniaceae	<i>Begonia</i> sp.	-32,0
	<i>Begonia</i> sp.1	-33,3
Bromeliaceae	Indeterminada	-33,1
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm.	-28,1
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp.	-10,9
	<i>Cyperus</i> sp.1	-11,0
Gesneriaceae	<i>Nematanthus</i> cf. <i>striatus</i> (Handro) Chautems	-31,0
Gleicheniaceae	<i>Sticherus bifidus</i> (Willd.) Ching	-30,4
Juncaceae	<i>Juncus</i> sp.	-28,7
Lycopodiaceae	<i>Lycopodiella</i> sp.	-28,4
Malvaceae	<i>Waltheria indica</i> L.	-31,8
Marantaceae	Indeterminada	-33,9
Melastomataceae	<i>Leandra</i> sp.	-26,8
	<i>Miconia cabucu</i> Hoehne	-30,4
	<i>Tibouchina clinopodifolia</i> Cogn.	-31,3
Monimiaceae	<i>Mollinedia</i> sp.	-32,3
	<i>Mollinedia schottiana</i> Perkins	-34,9
Myrtaceae	Indeterminada	-36,6
Piperaceae	<i>Piper gaudichaudianum</i> Kunth	-33,5
Poaceae	<i>Paspalum urvillei</i> Steud.	-11,6
	Indeterminada 1	-13,3
	Indeterminada 2	-12,3
	Indeterminada 3	-32,0
	Indeterminada 4	-12,3
Polygalaceae	<i>Polygala paniculata</i> L.	-31,4
Rosaceae	<i>Rubus rosifolius</i> Sm.	-32,3
Rubiaceae	<i>Bathysa australis</i> K. Schum.	-34,1
	<i>Borreria flavovirens</i> Bacigalupo & E.L. Cabral.	-27,5
Sapindaceae	Indeterminada	-33,0
Simarubaceae	<i>Picramnia gardneri</i> Planch.	-32,6

6.2. Solos

São apresentados primeiramente os resultados das amostras coletadas na Ilha do Cardoso e posteriormente das amostras de Carlos Botelho.

6.2.1. Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC)

6.2.1.1. Teor de argila

O solo RIC foi classificado como *Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico dúrico* e o solo TMC como *Cambissolo Háptico Distrófico*. A descrição morfológica dos dois perfis encontra-se nos Anexos A.3 e A.4, respectivamente.

Na Figura 8 e Anexo A.5 encontram-se os resultados obtidos referentes aos teores de argila em relação à profundidade dos solos coletados nos pontos TI e TMC, sob vegetação de encosta e RIC na Restinga.

No perfil TI, nas profundidades 0-30 cm o solo apresentou teores de argila entre 20% e 24% sendo classificado como médio-arenoso. As camadas entre 40-70 cm e 90-150 cm apresentaram textura médio-argilosa, com teores de argila entre 27% e 33%. Apresentaram textura argilosa, com teores entre 35% e 41% as camadas 70-90 cm e 150-160 cm.

O solo TMC foi classificado como argiloso na superfície (0-10 cm) e muito argiloso no restante do perfil (20-240 cm) com teores de argila superiores a 60%.

Na Floresta de Restinga (RIC) todo o perfil (0-200 cm) apresentou textura arenosa, com teores de argila entre 6 e 14%.

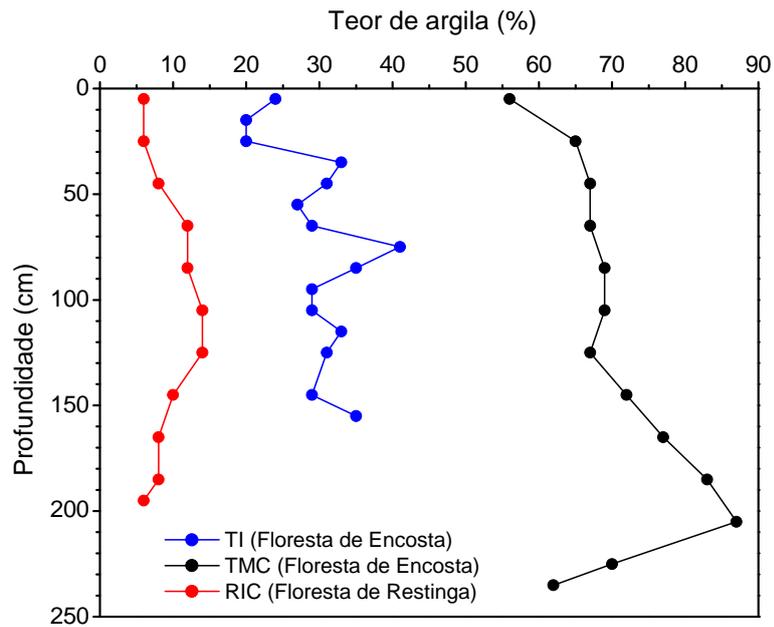


Figura 8 - Teores de argila dos solos coletados na Ilha do Cardoso em relação à profundidade.

6.2.1.2. Carbono orgânico total (COT)

Na Figura 9 e Anexo A.6 são apresentados os resultados dos teores de carbono orgânico total em relação à profundidade dos solos. Observou-se um aumento nas concentrações com a diminuição da profundidade, tendência já observada em solos dos estados de São Paulo (PESSENDA et al., 1996b; GOUVEIA, 2001), Amazonas (DESJARDINS et al., 1996; GOMES, 1995, PESSENDA et al. 1998b,c; VIDOTTO et al., 2007) e Mato Grosso (GOUVEIA, 2001; GOUVEIA et al., 2002).

O solo TI apresentou teor de carbono de 0,1% na profundidade 160 cm com aumentos progressivos até 3,2% na superfície (10-0 cm). O teor para TMC foi de 0,4% na camada 240-230 cm, aumentando progressivamente até 2,3% na superfície. O solo RIC apresentou teor de 0,2% nas camadas mais profundas, aumentando para aproximadamente 2,5% no intervalo entre 110 e 60 cm, diminuindo novamente para 0,1% na camada 50-40 cm e voltando a aumentar até 1,5% na superfície.

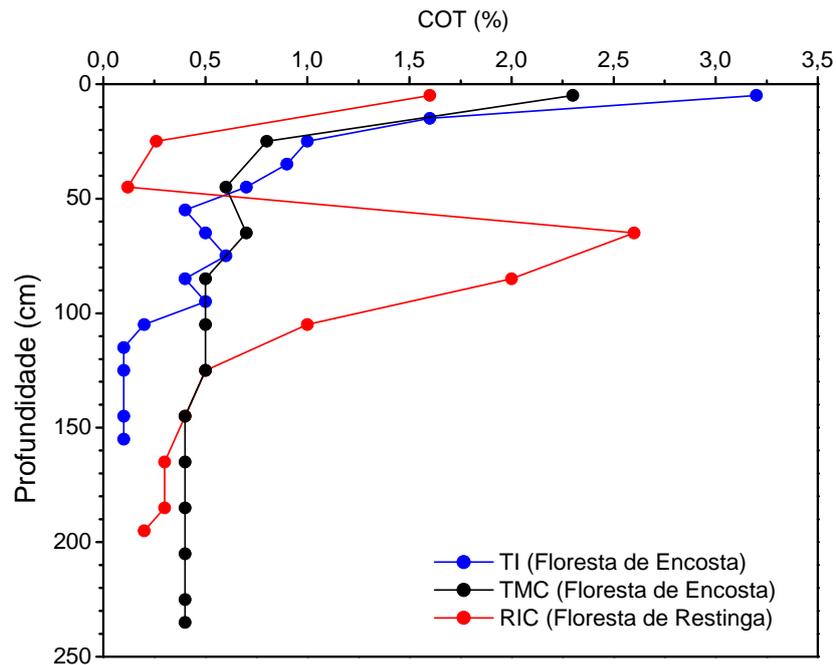


Figura 9 - Teores de carbono orgânico total dos solos coletados na Ilha do Cardoso em relação à profundidade.

6.2.1.3 Datações ^{14}C

Apresentam-se na Tabela 8 as datações efetuadas em huminas extraídas dos solos da Ilha do Cardoso. A amostra RIC apresentou uma datação de 2.640 anos AP na camada 100-110 cm. Não foi possível obter a datação da camada 170-180 cm devido à baixa quantidade de carbono na amostra, que não produziu gás (CO_2) suficiente para ser datado por AMS.

Nas amostras do solo TMC observou-se uma inversão na datação, a camada 240-220 cm apresentou uma datação de 7.550 anos AP e um valor de 10.280 anos AP foi encontrado para a amostra 160-150 cm. A datação da camada 60-50 cm apresentou um valor de 5.020 anos AP. Uma hipótese para a inversão dos valores pode ser a ação do colúvio no local de amostragem. Mesmo que a trincheira tenha sido escavada em condição mais próxima ao topo da vertente, essa hipótese não pode ser descartada. Outra possibilidade poderia ser o transporte de matéria orgânica de camadas mais profundas para as superiores e vice-versa por ação da atividade biológica, sendo o remonte vertical

realizado por térmitas, formigas e minhocas (BOULET et al., 1995; GOUVEIA & PESSEDA, 2000; GOUVEIA et al., 2002; SAIA, 2006).

Tabela 8 – Datação ^{14}C de humina dos solos coletados nas trincheiras RIC e TMC na Ilha do Cardoso

Profundidade (cm)	Identificação do Laboratório	Datação ^{14}C (anos AP)
RIC 100-110	TO-13048	2640 ± 140
TMC 50-60	TO-13472	5020 ± 70
TMC 150-160	TO-13473	10820 ± 90
TMC 220-240	TO-13474	7550 ± 80

TO – IsoTrace Laboratory, Toronto, Canadá

6.2.1.4. $\delta^{13}\text{C}$ da matéria orgânica do solo (MOS)

Na Figura 10 e Anexo A.7 são apresentados os resultados da análise isotópica das amostras de solos.

Nos solos TI e TMC os valores de $\delta^{13}\text{C}$ da MOS das camadas superficiais (-27,4‰ e - 26,7‰, respectivamente) caracterizaram a atual vegetação de cobertura (floresta) e foram característicos de plantas C_3 em todo o perfil. Ao longo do perfil os valores variaram entre aproximadamente -27,0‰ e -25,0‰, para ambos os solos, cujo enriquecimento isotópico com a profundidade provavelmente esteja relacionado ao fracionamento isotópico ocorrido durante a decomposição da MOS, não indicando mudança de vegetação (DESJARDINS et al., 1996; PESSEDA et al., 1998a). Os resultados sugerem que pelo menos, nos últimos 10.800 anos AP a floresta esteve presente no local estudado.

Para o solo RIC os valores de $\delta^{13}\text{C}$ da MOS apresentaram-se característicos de plantas C_3 em todo o perfil. O valor de -29,6‰ na camada 0-10 cm, foi característico da vegetação de cobertura (floresta). No intervalo entre 200 e 120 cm observaram-se valores de $\delta^{13}\text{C}$ mais enriquecidos, entre -24,4‰ e -25,3‰, indicando a possível presença de uma vegetação arbórea menos densa que a atual. Entre 110 e 20 cm os valores foram mais empobrecidos, entre -28,3‰ e -26,0‰, caracterizando a presença de uma vegetação florestal, provavelmente semelhante a atual desde aproximadamente 2.600 anos AP.

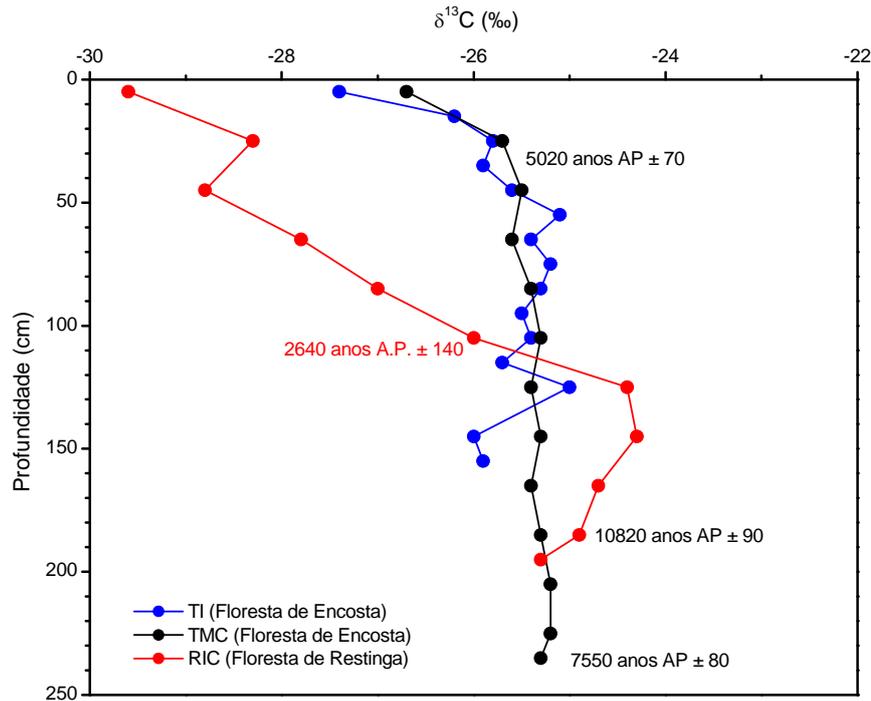


Figura 10 - $\delta^{13}\text{C}$ dos solos coletados na Ilha do Cardoso em relação à profundidade.

6.2.2. Parque Estadual Carlos Botelho (PECB)

6.2.2.1. Teor de argila

A Figura 11 e Anexo A.8 apresentam os resultados dos teores de argila em relação à profundidade dos solos.

Para o solo CB1 os resultados indicaram textura argilosa na superfície (35%), médio-argilosa (28-32%) de 20 a 70 cm, médio-arenosa (12-22%) de 80 a 130 cm a arenosa (10%) na camada 140-150 cm. Os solos CB2, FAZ e TURVI apresentaram textura argilosa (35-55%) em todo o perfil amostrado. O solo TOR, caracterizado como *Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico*, apresentou textura argilosa (45-49%) nos primeiros 150 cm e em 330 cm de profundidade, textura médio-argilosa (27-31%) nas profundidades 60-70 cm e 120-130 cm, textura médio-arenosa (16-18%) nos intervalos de 80 a 110 cm e 140 a 230 cm e, textura arenosa nas profundidades entre 240 e 290 cm.

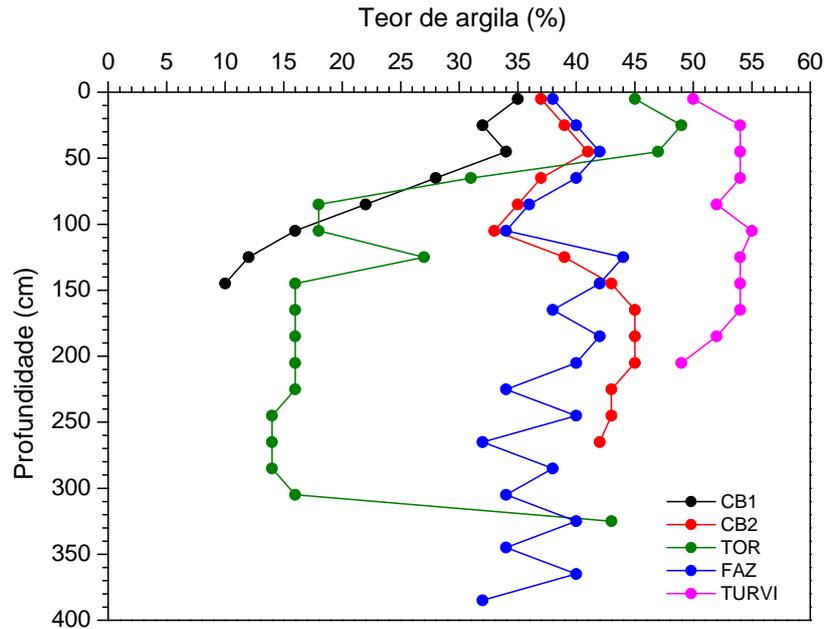


Figura 11 - Teores de argila dos solos coletados em Carlos Botelho em relação à profundidade.

6.2.2.2. Carbono orgânico total (COT)

Na Figura 12 e Anexo A.9 são apresentados os resultados de carbono orgânico total em relação à profundidade dos solos. Observa-se que os solos apresentaram comportamentos semelhantes, onde os teores foram inferiores ($\sim 0,5\%$) nas camadas mais profundas, aumentando nas camadas superficiais para até $\sim 6,0\%$. Similares resultados e variações foram observados em distintos solos de diferentes localidades no Brasil (GOUVEIA et al., 2002; PESSENDA et al., 2004a).

O solo CB1 apresentou teor de $0,4\%$ na camada 150-140 cm, com aumentos progressivos até $5,5\%$ na superfície. O solo CB2 apresentou teor de $0,9\%$ na camada mais profunda (270-260 cm), aumentando para $3,7\%$ na superfície. A 330 cm de profundidade o solo TOR apresentou teor de $0,06\%$ e na superfície observou-se o maior teor de carbono ($6,2\%$), comparado com as demais amostras. O solo FAZ apresentou teor de $0,05\%$ a 390 cm de profundidade, aumentando para $3,3\%$ na camada 10-0 cm. O teor do solo TURVI aumentou de $0,8\%$ (230-220 cm) para $4,0\%$ na superfície.

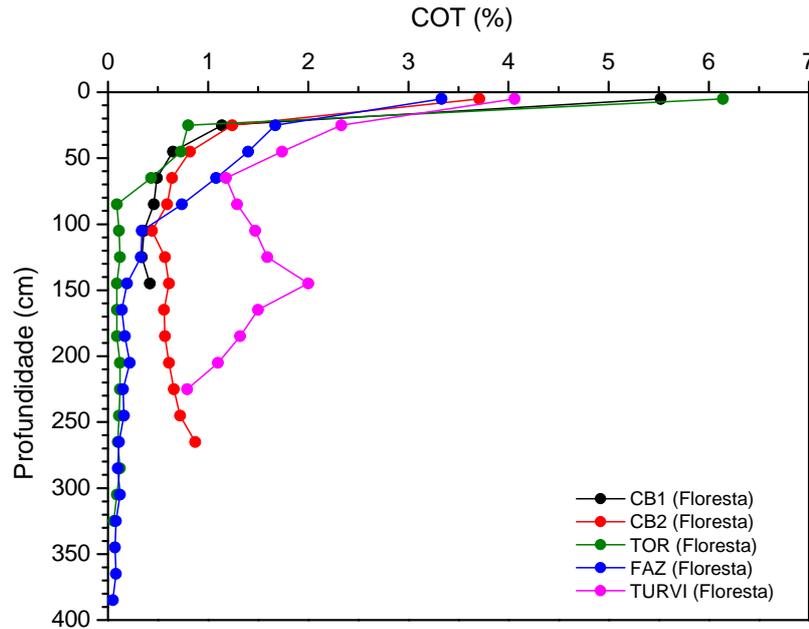


Figura 12 - Teores de carbono orgânico total dos solos coletados em Carlos Botelho em relação à profundidade.

6.2.2.3. Datações ^{14}C

Apresentam-se na Tabela 9 as datações efetuadas em huminas extraídas dos solos de Carlos Botelho. As datações se apresentaram mais antigas, de maiores para menores profundidades. Os valores obtidos para as amostras do solo TOR de 17.795 anos AP (camada 260-240 cm), 14.942 anos AP (160-150 cm), 9.620 anos AP (110-100 cm) e 4.610 anos AP (60-50 cm) mostraram-se concordantes com os dados obtidos pela equipe do Laboratório ^{14}C em estudos desenvolvidos em diversos locais do Brasil, quando associados a outros Cambissolos pesquisados (GOUVEIA et al., 1997; FREITAS et al., 2001; SAIA, 2006; VIDOTTO, 2003; VIDOTTO et al., 2007).

Tabela 9 – Datação ^{14}C de humina dos solos coletados na trincheira TOR em Carlos Botelho.

Profundidade (cm)	Identificação do Laboratório	Datação ^{14}C (anos AP)
TOR 50-60	TO-13475	4610 ± 70
TOR 100-110	TO-13710	9620 ± 70
TOR 150-160	Erl-10805	14942 ± 66
TOR 240-260	Erl-10806	17795 ± 71

TO – IsoTrace Laboratory, Toronto, Canadá
 Erl – AMS Labor Erlangen, Alemanha

6.2.2.4. $\delta^{13}\text{C}$ da matéria orgânica do solo (MOS)

Os resultados da análise isotópica das amostras de solos são apresentados na Figura 13 e no Anexo A.10.

Os solos CB1, CB2 e TURVI, sob vegetação de floresta, apresentaram na camada superficial valores de -28,8‰, -28,2‰ e -27,6‰, respectivamente, característicos de plantas C_3 . Para esses solos os valores apresentaram variações inferiores a 3,0‰ ao longo dos perfis, provavelmente relacionadas ao fracionamento isotópico que ocorre durante a decomposição da MOS (STOUT et al., 1981; NADELHORFER & FRY, 1988), caracterizando o predomínio de plantas C_3 em todo o perfil.

Para os solos TOR e FAZ os valores nas camadas superficiais foram característicos da atual vegetação de cobertura (floresta), -30,8‰ e -26,7‰, respectivamente. Observa-se para o solo FAZ que no intervalo entre 390 e 70 cm (~ 25.000 anos AP e ~ 7.000 anos AP) os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ foram mais enriquecidos, com valores entre -20,9‰ e -23,5‰, sugerindo a presença de uma vegetação florestal mais aberta que a atual e a provável influência de plantas C_4 no local, provavelmente devido à ocorrência de um clima mais seco. A partir de 70 cm (~ 7.000 anos AP) até a superfície os valores apresentam-se mais empobrecidos, entre -24,8‰ e -26,7‰, sugerindo a expansão da vegetação florestal com predomínio de plantas C_3 . No ponto TOR foram observadas condições semelhantes, ou seja, entre 330 e 170 cm (~25.000 anos AP e ~ 15.000 anos AP) os valores ficaram entre -21,2‰ e -23,5‰. Considerando-se as datações apresentadas na Tabela 9 e estimando-se que, em maiores profundidades, as taxas de acúmulo mantiveram-se similares aos valores obtidos até 260 cm (entre 0,09 $\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ e 0,14 $\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$), a influência das plantas C_4 e de um clima mais seco no passado pode ser estimada entre aproximadamente 25.000 anos AP e 15.000 anos AP. A partir de 150 cm (~ 15.000 anos AP até o presente) os valores indicaram maior contribuição de plantas C_3 (entre -25,0‰ e -26,6‰).

Os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ para os solos de Carlos Botelho indicam que a área representada pelos pontos FAZ e TURVI apresentaram influência de plantas C_4 no Pleistoceno tardio. Pelo menos, entre aproximadamente 25.000 e 15.000 anos A.P. registrou-se a existência de uma vegetação com menor

densidade arbórea do que a atual e com possível presença de plantas C_4 , sugerindo a existência de um clima mais seco no período. A partir de 15.000 anos AP (~ 150 cm de profundidade) ocorreu um empobrecimento isotópico mais significativo em todos os pontos de coleta, evidenciando a expansão da vegetação florestal, provavelmente associada a um clima mais úmido. Pelo menos, nos últimos 4.600 anos AP a paisagem e o clima provavelmente se assemelham com o atual.

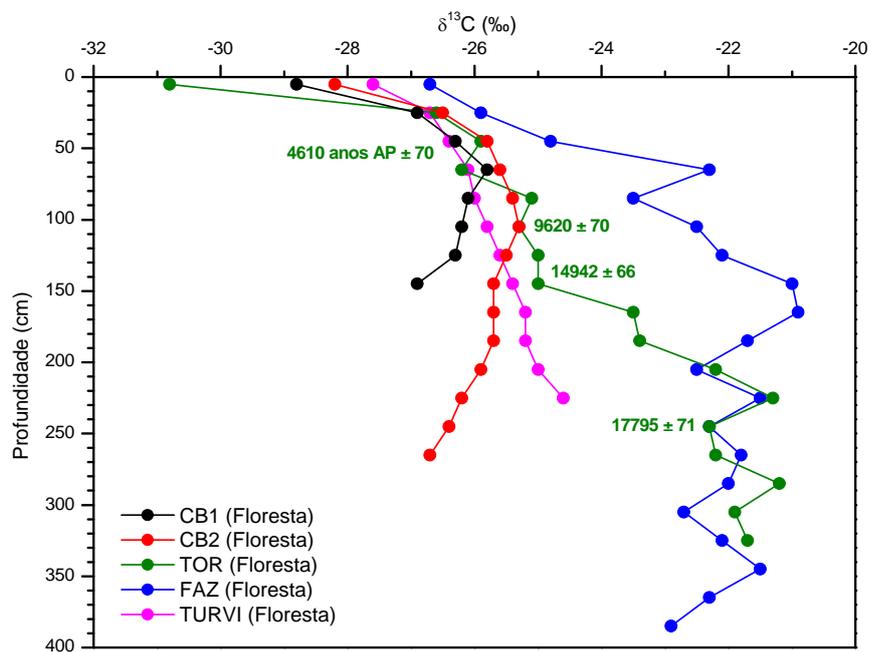


Figura 13 - $\delta^{13}\text{C}$ dos solos coletados em Carlos Botelho em relação à profundidade.

6.3. Mangues

6.3.1. Mangue Sítio Grande (MSG)

6.3.1.1. Descrição da coluna estratigráfica

Na seqüência apresenta-se a descrição da textura e cor em relação à profundidade do perfil MSG, que também pode ser observada na Figura 14.

0-23 cm	Argiloso, raízes abundantes, preto-esverdeado (10 YR 2,5/1).
23-68 cm	Argilo-arenoso, raízes abundantes, cinzento-esverdeado-escuro (10 YR 3/1). <ul style="list-style-type: none"> • 23-33 cm - fragmento de madeira coletado para datação. • 43-68 cm – bioturbado por raízes
68-76 cm	Argiloso, raízes abundantes, cinzento-esverdeado (10 YR 5/1).
76-83 cm	Argilo-arenoso, presença de fitomacrorrestos, cinzento-esverdeado-escuro (10 YR 3/1).
83-97 cm	Argiloso, orgânico com muitas raízes, cinzento-muito-escuro (10 YR 3/1). <ul style="list-style-type: none"> • 85-89 cm - presença de tubos de bioturbação preenchidos com areia.
97-142 cm	Arenoso, cinzento-muito-escuro (10 YR 3/1). <ul style="list-style-type: none"> • 100-130 cm – intensamente bioturbado.
142-157 cm	Argiloso, orgânico, preto (5 YR 2,5/1).
157-162 cm	Argiloso, orgânico com presença de areia, preto (5 YR 2,5/1).
162-196 cm	Argiloso, presença de muita matéria orgânica, preto (5 YR 2,5/1). <ul style="list-style-type: none"> • 176-180 - presença de fragmento de madeira coletado para datação.

6.3.1.2. Datações ¹⁴C

Na Tabela 10 e Figura 14 apresentam-se os resultados das datações realizadas na matéria orgânica e nos fragmentos de madeira que foram encontrados soterrados no perfil. A base do perfil (196-190 cm) apresentou datação superior a 40.000 anos AP. Nas camadas superiores observaram-se inversões nas datações. O fragmento vegetal coletado na camada 180-175 cm apresentou a datação de 28.060 anos AP ± 260. As datações das camadas 156-150 cm, 130-123 cm e 98-93 cm foram de 23.880 anos AP ± 200, 25.420 anos AP ± 350 e 35.900 anos AP ± 140, respectivamente. Observa-se na descrição da textura do perfil (6.3.1.1) que os intervalos 130-100 cm e 97-83 cm apresentaram

sinais de bioturbação, o que provavelmente possa indicar um transporte de material entre as camadas, o que contribuiria nas inversões das datações. A partir da camada 84-80 cm para a superior observa-se um hiato sedimentar (provavelmente erosivo), onde uma camada argilo-arenosa (84-80 cm) datada de 19.658 anos AP \pm 85 está em contato com uma camada argilosa (80-76 cm) com datação de 2.238 anos AP \pm 32. Uma datação de 1.010 anos AP \pm 50 foi obtida na camada 33-23 cm. O fragmento de madeira encontrado na mesma camada apresentou datação de 300 anos AP \pm 40, que pode estar associado a um eventual transporte deste material de camadas superiores para maiores profundidades, provavelmente devido à atividade biológica (caranguejos) no local. Uma hipótese para a ocorrência do hiato sedimentar estaria associada a atividades neotectônicas ocorridas na região (item 6.5).

Tabela 10 - Datação ^{14}C de amostras coletadas no perfil MSG.

Amostra	Profundidade (cm)	Identificação do Laboratório	Datação ^{14}C (anos A.P.)
Fragmento de madeira	23-33	TO 12695	300 \pm 40
Matéria orgânica	23-33	TO 12696	1010 \pm 50
Matéria orgânica	60-69	TO 12697	1480 \pm 50
Matéria orgânica	70-74	Erl 10807	2069 \pm 38
Matéria orgânica	76-80	Erl 10808	2238 \pm 32
Matéria orgânica	80-84	Erl 10809	19658 \pm 85
Matéria orgânica	86-90	Erl 10810	24174 \pm 165
Matéria orgânica	93-98	Lab 968	35900 \pm 140
Matéria orgânica	123-130	TO 13044	25420 \pm 350
Matéria orgânica	150-156	TO 12698	23880 \pm 200
Fragmento de madeira	175-180	TO 12699	28060 \pm 260
Matéria orgânica	190-196	Lab 967	> 40000

TO - IsoTrace Laboratory, Toronto, Canadá
 Lab - Laboratório ^{14}C , CENA/USP
 Erl - AMS-Labor Erlangen, Alemanha

6.3.1.3. Carbono orgânico total (COT)

Os resultados de carbono orgânico total são apresentados na Figura 14a e Anexo A.11. Na camada 196-194 cm (> 40.000 anos AP) observa-se um teor de carbono de 2,6% que aumentou progressivamente até ~40,0% no intervalo 180-174 cm (~ 28.000 anos AP). Importante ressaltar que

na camada 182-180 cm verificou-se uma elevada concentração de grãos de pólen (~33.000 grãos/g de material), assim como uma frequência relativa de 87% de pólen arbóreo (Figura 19), provavelmente associadas aos altos teores de carbono. A partir da camada 174-172 cm (~28.000 anos AP) observou-se um decréscimo no teor, passando para 2,1% na camada 156-154 cm (~24.000 anos AP), simultâneo a diminuição dos grãos de pólen no intervalo 174-154 cm, entre ~2.000 e 6.000 grãos/g de material (Figura 19). Um novo aumento no teor de carbono é observado no intervalo de 154-152 cm e 144-142 cm (~23.000 anos AP), onde valores ficaram entre 12,3% e 19,4%, respectivamente. A partir de 142 cm (~23.000 anos AP) até a superfície os valores diminuem, variando aleatoriamente entre 0,3% e 5,7%.

6.3.1.4. C/N

Os resultados da razão C/N (carbono e nitrogênio total) são apresentados na Figura 14b e Anexo A.11. Os valores obtidos para C/N variaram de 17 a 62 no intervalo entre 196 e 184 cm. Entre 182 e 158 cm os valores aumentaram ficando entre 44 e 107. Nas camadas 158-156 cm e 156-154 cm os valores diminuíram para 15 e 7, respectivamente, voltando a aumentar no intervalo entre 154 e 74 cm (com valores de até 130), caracterizando o predomínio de plantas terrestres C₃ na composição da matéria orgânica (MEYERS, 1994; WILSON et al., 2005). Nos 74 cm superficiais os valores mantiveram-se entre 2 e 27,5, que caracterizam a presença de fitoplâncton (MEYERS, 1994, WILSON et al.; 2005) na maior parte desse período (~ 2.200 anos AP até o presente).

6.3.1.5. $\delta^{13}C$

Os resultados de $\delta^{13}C$ são apresentados na Figura 14d e Anexo A.11. O sinal isotópico apresentou-se mais empobrecido da base (196 cm) até aproximadamente 130 cm de profundidade, (entre ~40.000 e 24.000 anos AP), com valores de $\delta^{13}C$ de -28,2‰ na base (196-194 cm), -29,8‰ na camada 180-178 cm e -27,3‰ na camada 132-130 cm. A partir de 130 cm até a superfície os valores apresentaram enriquecimento de cerca de 3,3‰, sendo de -26,0‰ na camada 130-128 cm até -24,0‰

nas camadas superficiais, sugerindo a partir de 80 cm (~2.200 anos AP) uma mistura de plantas C_3 e provavelmente de fitoplâncton marinho (WILSON et al., 2005).

Observou-se que da base (> 40.000 anos AP) até aproximadamente 130 cm (~ 23.000 anos AP) de profundidade obtiveram-se os maiores valores de COT que estiveram relacionados com valores mais empobrecidos de $\delta^{13}C$, sugerindo provável influência de plantas C_3 . Neste intervalo os valores de C/N são superiores a 20, também característicos de plantas C_3 (MEYERS, 1994).

6.3.1.6. $\delta^{15}N$

Os resultados de $\delta^{15}N$ são apresentados na Figura 14c e Anexo A.11. No intervalo entre 196 cm e 116 cm (~ 40.000 e 23.000 anos AP) os valores variaram entre aproximadamente +1,0‰ e +4,5‰. Entre 114 cm e 78 cm os valores apresentaram considerável oscilação entre +0,8‰ até +9,0‰. Os resultados de COT, C/N e $\delta^{13}C$ já mencionados, indicaram a presença de um ambiente florestal no local/região entre ~ 40.000 e 19.000 anos AP. Neste período os valores de $\delta^{15}N$ indicaram a presença de fitoplâncton (valores de até + 4,5‰), provavelmente de água doce, devido ao recuo da linha de costa no período, na composição da matéria orgânica. Eventualmente no local possa ter existido uma pequena lagoa, ou os solos permaneceram alagados em determinados períodos. No intervalo entre 114 e 78 cm (entre ~ 23.000 e 19.000 anos AP) os valores de $\delta^{15}N$ apresentaram oscilações significativas (entre +0,8‰ e +9,0‰), provavelmente relacionadas com períodos de maior (maior influência de fitoplâncton) ou menor (maior influência de plantas terrestres C_3) umidade no local. No intervalo entre 76 cm até a superfície (~ 2.200 anos AP até o presente) os valores ficaram entre +2,5‰ e +7,5‰, caracterizando a mistura de plantas terrestres C_3 e de fitoplâncton (provavelmente marinho) na matéria orgânica. De acordo com Meyers (2003), o valor da matéria orgânica com a presença de algas é de +8,5‰ e com plantas C_3 +0,5‰. Deste modo os valores observados sugerem a mistura entre as duas fontes de nitrogênio no testemunho do mangue Sítio Grande, sendo que da base até 110 cm (~ 40.000 a 23.000 anos AP) observou-se maior influência de plantas C_3 .

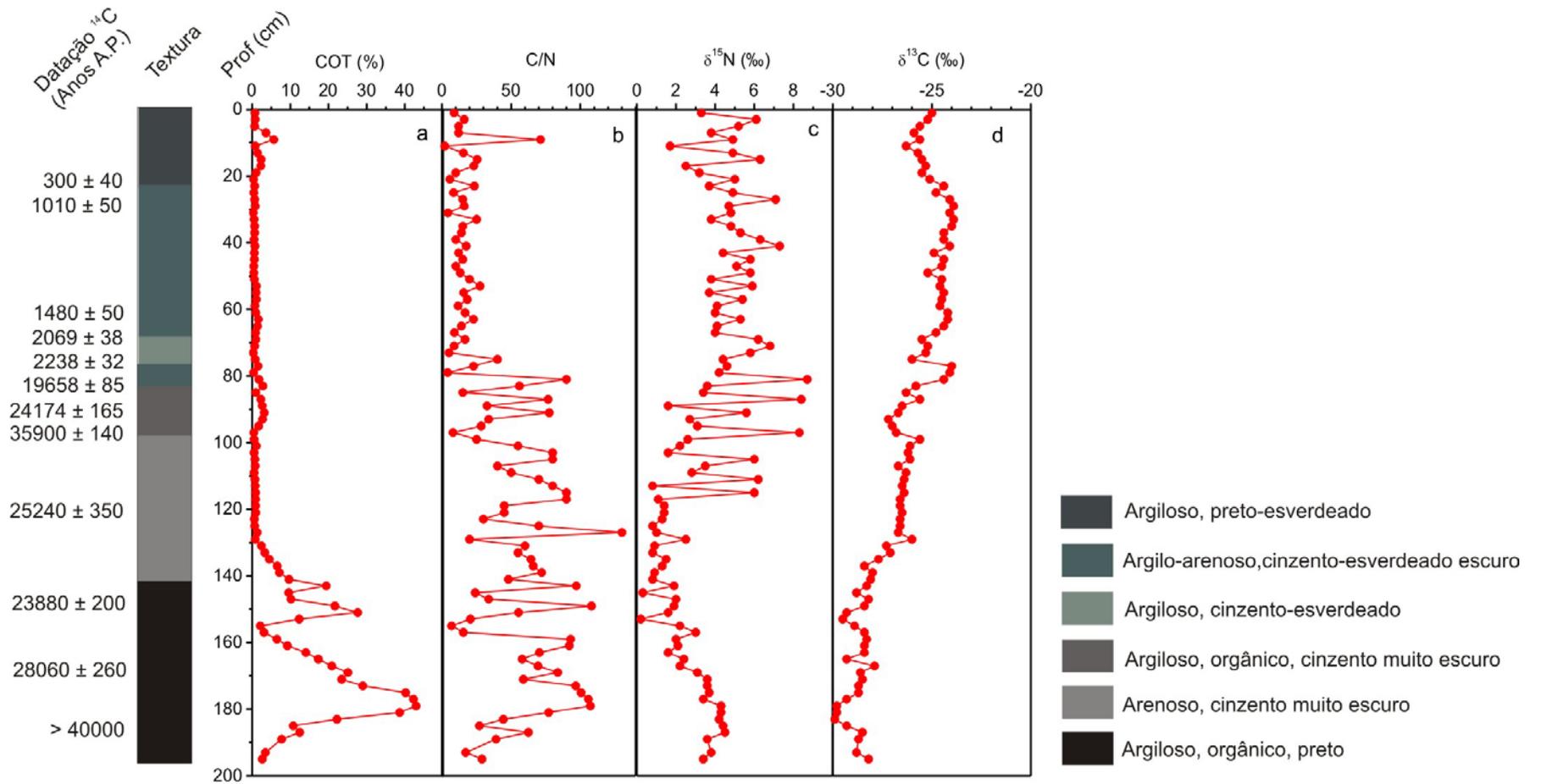


Figura 14 - Datação, textura, COT, C/N, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ da matéria orgânica do perfil MSG em relação à profundidade.

6.3.1.7. C/N x $\delta^{13}\text{C}$

Na Figura 15 apresenta-se o diagrama dos valores de C/N x $\delta^{13}\text{C}$. As variações nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e C/N observados ao longo do perfil sugerem que ocorreu uma mudança na composição e origem da matéria orgânica.

O valor médio de $\delta^{13}\text{C}$ de -28,0‰ associado aos valores da razão C/N entre 17 e 108 e altos teores de carbono orgânico (entre 2,5 e 40%) observado no intervalo entre 196 e 130 cm (~ 40.000 a 23.000 anos AP) sugere o predomínio de plantas terrestres C_3 na matéria orgânica. No intervalo entre 130 e 80 cm (~ 23.000 a 19.000 anos AP) observou-se um pequeno enriquecimento isotópico, com valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -27,0‰ e -25,0‰. Os valores de C/N estiveram entre 8 e 130. Esses resultados associados com valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre +1,0‰ e +8,5‰, ainda sugerem uma contribuição de plantas C_3 , porém com influência fitoplanctônica, provavelmente de água doce, caracterizando a presença de uma lagoa ou um ambiente alagado no local em determinados períodos. A partir de 80 cm (~2.200 anos AP) os valores de $\delta^{13}\text{C}$ apresentaram-se mais enriquecidos, entre -26,0‰ e -24,0‰, os de C/N ficaram entre 2 e 27,5 e os de $\delta^{15}\text{N}$ entre +1,6‰ e +8,7‰, sugerindo uma influência de fitoplâncton (provavelmente marinho) na composição da matéria orgânica e de plantas C_3 terrestres, provavelmente das áreas de florestas próximas ao mangue.

O predomínio de pólen arbóreo (que será discutido no item 6.3.1.8.2) e os altos teores de carbono orgânico, associados com os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e C/N sugerem a presença de uma floresta na área estudada entre aproximadamente 40.000 e 25.000 anos AP. Entre 130 e 80 cm (~ 23.000 a 19.000 anos AP) os dados continuam indicando a existência de uma floresta no local, mas com uma contribuição fitoplanctônica (provavelmente de água doce). A partir de 80 cm até a superfície os dados isotópicos e elementares sugerem uma matéria orgânica com uma mistura de fitoplâncton (provavelmente marinho) e plantas terrestres C_3 . Este intervalo representa o período de aproximadamente 2.200 anos AP até o presente e a unidade argilosa teria sido depositada após a última transgressão marinha que ocorreu há aproximadamente 5.000 anos AP (SUGUIO et al, 1985).

Wilson et al, (2005) utilizaram medidas de $\delta^{13}\text{C}$ e razão C/N de sedimentos no Estuário de

Mersey, Reino Unido, para verificar as fontes de carbono orgânico neste estuário. Valores médios de $\delta^{13}\text{C}$ entre $-22,4\text{‰}$ e $-27,19\text{‰}$ foram medidos para sedimento marinho e fluvial, respectivamente. Da mesma maneira a razão C/N entre 8 e 10 foi medida para o sedimento marinho, e entre 11,3 e 12,4 para sedimento fluvial (com contribuição de fitoplâncton de água doce).

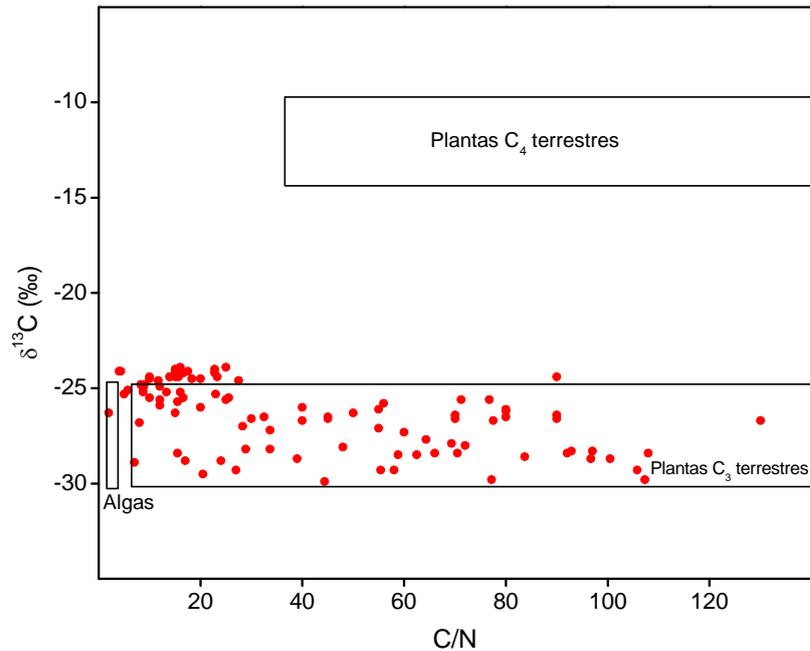


Figura 15 – Diagrama C/N x $\delta^{13}\text{C}$ para o perfil MSG

6.3.1.8. Análise Palinológica

6.3.1.8.1. Chuva polínica atual

Das dez amostras coletadas para chuva polínica atual, nove foram analisadas, pois no mangue não foram encontrados palinórfos. Foi possível realizar apenas a análise qualitativa, uma vez que todas as amostras se mostraram pobres (< 50 grãos por amostra) em palinórfos (Tabela 11). Com essa análise se pretendia verificar quais seriam as espécies dominantes em diferentes altitudes, mas devido à baixa quantidade de palinórfos nas amostras isso não foi possível. Conforme Barros et al., (1991), no maciço montanhoso central da Ilha do Cardoso há uma variação na composição das

espécies e na estrutura da cobertura florestal das encostas devido, em especial, à variação na temperatura, ao longo do gradiente altitudinal.

Na análise realizada, entre os táxons arbóreos encontrados destacam-se *Alchornea*, *Chrysophyllum*, *Ilex*, *Laplacea*, Myrtaceae, *Podocarpus* e *Solanum*. Embora atualmente encontra-se *Euterpe edulis* (palmito-juçara) em todas as formações florestais da Ilha, exceto nos manguezais (Barros et al., 1991), o pólen do gênero *Eutepe* foi encontrado apenas em dois pontos amostrais. Em todas as amostras encontraram-se herbáceas da família Asteraceae e esporos de pteridófitas, principalmente dos gêneros *Cyathea* e *Polypodium*.

Atualmente entre as famílias com maior número de espécies encontradas nas encostas da Ilha do Cardoso encontram-se Myrtaceae, Fabaceae (Leguminosae), Poaceae, Rubiaceae e Asteraceae. As espécies com maior número de indivíduos são: *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae), *Psychotria nuda* (Cham. & Schlecht.) Wawra (Rubiaceae), *Rudgea jasminoides* (Cham.) M. Arg. (Rubiaceae), *Cryptocarya moschata* Nees & Mart. Ex Nees (Lauraceae), *Malouetia cestroides* (Nees & Mart.) M. Arg. (Apocynaceae). Nos pontos mais altos da encosta destacam-se *Fuchsia regia* (Vand.) Munz (Onagraceae), *Leandra quinquedentata* Cogn. (Melastomataceae) e *Vriesea heterostachyus* (Baker) L.B. Smith (Bromeliaceae) (BARROS et al, 1991; MELLO & MANTOVANI, 1994).

6.3.1.8.2. Análise do perfil.

Na análise realizada foram encontrados 72 táxons de pólen, dos quais 71 pertencem ao grupo das angiospermas e 01 ao das gimnospermas (*Podocarpus*) e 11 táxons de esporos pertencentes às pteridófitas (Anexo A.13).

A distribuição dos valores percentuais dos elementos mais importantes numericamente é mostrada de acordo com as seguintes categorias: árvores e arbustos da mata (pólen arbóreo) (Figuras 16 e 17); ervas (Figura 17); ervas aquáticas e esporos de pteridófitas (Figura 18). A Figura 19 representa um resumo dos valores percentuais do pólen arbóreo, herbáceo, de ervas aquáticas e esporos de pteridófitas no testemunho. Na Figura 19 também são apresentados os resultados de concentração de grãos de pólen por grama de material.

O registro do perfil pode ser dividido em três ecozonas (Figuras 16, 17, 18 e 19). A primeira inclui as amostras entre as profundidades 196 e 140 cm, equivalente ao período de aproximadamente 40.000 a 24.000 anos AP. A segunda zona polínica corresponde à profundidade entre 140 e 80 cm (de aproximadamente 24.000 a 19.000 anos AP) e a última de 80 cm até a superfície que corresponde ao período entre aproximadamente 2.200 anos AP até o presente, onde não foram encontrados palinomorfos.

a) Zona I: 196-140 cm (~40.000 – 24.000 anos AP).

Esta zona, que inclui a base do testemunho, é composta por sedimentos argilosos e argilo-arenosos. A concentração de grãos de pólen variou entre ~2.500 e 24.600 grãos/grama de material, com exceção das amostras 182-180 cm e 144-142 cm que apresentaram valores de 33.200 e 37.800 grãos/grama de material, respectivamente.

O intervalo analisado é caracterizado pela presença estável de elementos de floresta, que variaram entre 51 e 87,0%. Os táxons que apresentaram maior porcentagem foram *Ilex* (7 a 32%), Myrtaceae (7,5 a 30%), *Alchornea* (1 a 17%), *Weinmannia* (1 a 17%), Tipo *Miconia* (1 a 10%), *Symplocos* (1 a 7%), *Rapanea* (1 a 6%) e Melastomateceae/Combretaceae (1 a 4%). Os táxons

herbáceos e os esporos de pteridófitas também apareceram com alta porcentagem, representados principalmente por Poaceae (4 a 31%) e Asteraceae (6 a 26%); *Cyathea* (7 a 25%) e *Polypodium* (8 a 12%), respectivamente. As ervas aquáticas apresentaram-se com valores entre 1,0 e 4,0%.

A zona I, que se encontra entre cerca de 40.000 e 24.000 anos AP, posiciona-se antes do UMG, o qual ocorreu entre cerca de 25.000 e 18.000 anos AP (Ledru et al., 1998b). A alta porcentagem de Myrtaceae, *Alchornea*, *Weinmannia*, Melastomataceae/Combretaceae, *Symplocos* e *Rapanea* (Figura 16 e 17), juntamente com a presença de *Hedyosmum* (1,4%), *Podocarpus* (1%), ervas aquáticas e samambaias típicas de formações florestais (Figura 18), sugerem a presença de uma floresta fria e úmida na atual área do mangue. A associação de Myrtaceae, *Alchornea*, *Rapanea* e *Symplocos* já foi encontrada em outros registros polínicos de florestas tropicais e foi relacionada com a presença de floresta úmida e fria (LEDRU, 1993; LEDRU et al., 1996). A família Poaceae apresentou-se com altos valores percentuais (~ 30%), provavelmente a maioria das espécies era gramíneas C₃. Essa família é conhecida pela sua super produção polínica, que caracteriza táxons anemófilos e em sedimentos apresentam-se super-representados (COLINVAUX et al, 1999), portanto a interpretação paleoambiental para a zona I é de uma região florestada com a presença de um clima úmido e mais frio que o atual.

Um episódio úmido e frio foi detectado entre 43.000 e 25.000 anos AP em outros locais do Brasil, por exemplo, em Cromínia (Goiás) (VICENTINI, 1993), em Katira (Amazônia) (VAN DER HAMMEN & ABSY, 1994), Serra Negra (DE OLIVEIRA³ citado por LEDRU et al., 1996) e Salitre (LEDRU et al, 1996), Minas Gerais. Em Salitre os autores observaram um período de alta umidade entre 40.000 e 27.000 anos AP, com um máximo em 35.000 anos AP, inferido pelo aumento gradual de táxons arbóreos de floresta semidecídua. Táxons característicos de clima frio como *Drimys*, *Araucaria* e *Podocarpus* estiveram presentes.

³ DE OLIVEIRA, A **palynological record of late Quaternary vegetational and climatic change in southeastern Brazil**. Ph.D Thesis, The Ohio State University, Columbus: 238p, 1992.

b) Zona II: 140-80 cm (~ 24.000 – 19.000 anos AP).

Esta zona é composta basicamente por material arenoso (140-90 cm) e material rico em matéria orgânica (97-83 cm). Três amostras (138-136 cm, 136-134 e 134-132 cm) apresentaram concentração de grãos de pólen entre 26.000 e 30.000 grãos/grama de material. As demais apresentaram valores entre 5.000 e 18.000 grãos/grama de material, exceto a amostra 116-114 cm com 1.790 grãos/grama de material.

Este intervalo apresenta uma notável semelhança com o anterior devido à presença constante de táxons arbóreos (entre 49 e 70%). Os principais táxons continuam sendo Myrtaceae (9 a 26%), *Ilex* (6 a 21%), Melastomateaceae/Combretaceae (1 a 10%), Tipo *Miconia* (1 a 9%), *Symplocos* (1 a 7%), *Alchornea* (1 a 6%) e *Rapanea* (1 a 6%). Observou-se em relação à zona I a queda significativa de *Weinmannia* (de 17% na zona I, para 1% na zona II) e *Alchornea* (de 17% para 6%). Ao mesmo tempo foi observado aumento na porcentagem de *Drimys* (de 0,2% para 2%), *Hedyosmum* (de 1,4% para 3%) e *Podocarpus* (de 1% para 2%). A porcentagem dos esporos de pteridófitas aumentou em relação a anterior, de 35% para 53% nesta zona, assim como, a porcentagem de táxons herbáceos que ficaram entre 29 e 50%.

A alta porcentagem de Poaceae (até 50%) em sincronia com Cyperaceae, ervas aquáticas e samambaias sugere a presença de um ambiente úmido e/ou alagado. Provavelmente a maioria das espécies de Poaceae era de gramíneas C₃. Observou-se que a porcentagem de Cyperaceae, ervas encontradas principalmente em áreas alagáveis (Souza & Lorenzi, 2005), apresentou significativa variação neste intervalo (entre 0,5% e 9,0%), indicando provavelmente períodos de maior ou menor umidade no local. Entre 120-115 cm houve um aumento na porcentagem de *Drimys* (2%), *Hedyosmum* (3%), *Borreria* (4%) e *Cyathea* (40%), caracterizando um período de aumento da umidade. Os valores de $\delta^{15}\text{N}$, juntamente com os dados de C/N e COT indicaram que houve uma influência fitoplanctônica na composição da matéria orgânica e uma variação da umidade no local. Provavelmente o local apresentava solos que permaneciam alagados em determinados períodos e mais secos em outros.

Este intervalo já se encontra dentro do UMG que teve início aproximadamente a 25.000 anos

AP, período em que as geleiras se expandiam, a temperatura diminuía e o nível relativo do mar encontrava-se a aproximadamente 100 m abaixo do atual (SUGUIO et al, 2005). Os táxons encontrados neste intervalo, juntamente com o aumento da porcentagem de *Drimys* e *Podocarpus* reforçam a interpretação de uma floresta fria na região no período entre 24.000 e 19.000 anos AP, provavelmente com uma maior variação da umidade do que no período anterior. Em Águas Emendadas-Brasília (SALGADO-LABOURIAU, 1997; SALGADO-LABOURIAU et al., 1998), este período caracteriza-se por um clima mais frio e úmido, que coincide com os dados apresentados na Lagoa Bonita, também em Brasília (BARBERI, 2001). Um clima frio e úmido foi registrado no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Curucutu (SP), corroborado pela presença de *Alchornea*, *Araucaria*, *Arecaceae*, *Ericaceae*, *Hedyosmum*, *Ilex*, *Melastomataceae*, *Maytenus*, *Podocarpus*, *Symplocos* e *Weinmannia* (MEDEIROS, 2006, PESSENDA et al., submetido⁴).

c) Zona III: 80-0 cm (~ 2.200 anos AP até o presente).

Devido a um hiato sedimentar, o período entre 19.000-2.200 anos AP não pode ser caracterizado. No intervalo que representa os últimos 2.200 anos AP (80 cm até a superfície), não foram encontrados nenhum tipo de palinórfos, impedindo a interpretação com base nos dados palinológicos. Uma hipótese para a ausência de grãos de pólen e esporos seria o provável efeito de lavagem durante as subidas das marés. Em um estudo palinológico realizado em sedimentos marinhos coletados em Vitória (ES) os autores observaram maior quantidade de grãos de pólen em sedimentos do período glacial, quando o nível do mar estava mais baixo. Durante o Holoceno, com o nível do mar mais alto e conseqüente influência de correntes marinhas observaram-se quantidades reduzidas de palinórfos (BEHLING et al, 2002).

Outra possibilidade seria que o pólen é muito sensível à oxidação e a condição geoquímica dos solos de mangue é submetida a variações incessantes em função da amplitude das marés, das

⁴ PESSENDA, L.C.R.; DE OLIVEIRA, P.E.; MOFATTO, M.; MEDEIROS, V.B.; GARCIA, R.J.F.; ARAVENA, R.; BENDASSOLLI, J.A.; ZUNIGA, A. The evolution of a tropical rainforest/savanna mosaic in southeastern Brazil since 28,000 yr BP based on carbon isotopes and pollen records. **Quaternary Research**, San Diego, submetido.

diferentes estações climáticas e da atividade da fauna e da flora, podendo ser ora redutora e ora oxidante (FERREIRA et al., 2007). Neste sentido diferentes processos de respiração podem atuar na mineralização da matéria orgânica nos manguezais incluindo a respiração aeróbia (ALONGI et al., 2001⁵, citado por FERREIRA et al., 2007) e anaeróbia (ALONGI et al., 1996⁶, citado por FERREIRA et al., 2007). No mangue Pai Matos, localizado na região de Cananéia-Iguape, estudos biogeoquímicos indicaram condições óxicas nas camadas entre 0 e 40 cm e nas maiores profundidades (>40 cm), onde ocorre a diminuição das raízes vivas, as condições passaram a ser redutoras (FERREIRA et al., 2007b). Deste modo, o efeito de lavagem pelas marés e a condição oxidante nas camadas superficiais do mangue seriam fatores determinantes para a não preservação dos palinomorfos.

⁵ ALONGI, D.M.; WATTAYAKORN, G.; PFITZNER, J.; TIRENDI, F.; ZAGOSRKIS, L.; BRUNSKILL, G.J.; DAVIDSON A.; CLOUGH, B.F. Organic carbon accumulation and metabolic pathways in sediments of mangrove forests in southern Thailand. **Marine Geology**, Amsterdam, v. 179, p. 85-103, 2001.

⁶ ALONGI, D.M.; TIRENDI, F.; GOLDRICK, A. Organic matter oxidation and sediment chemistry in mixed terrigenous-carbonate sands of Ningaloo Reef. **Western Australia Marine Chemistry**, Amsterdam, v. 54, p. 203-219, 1996.

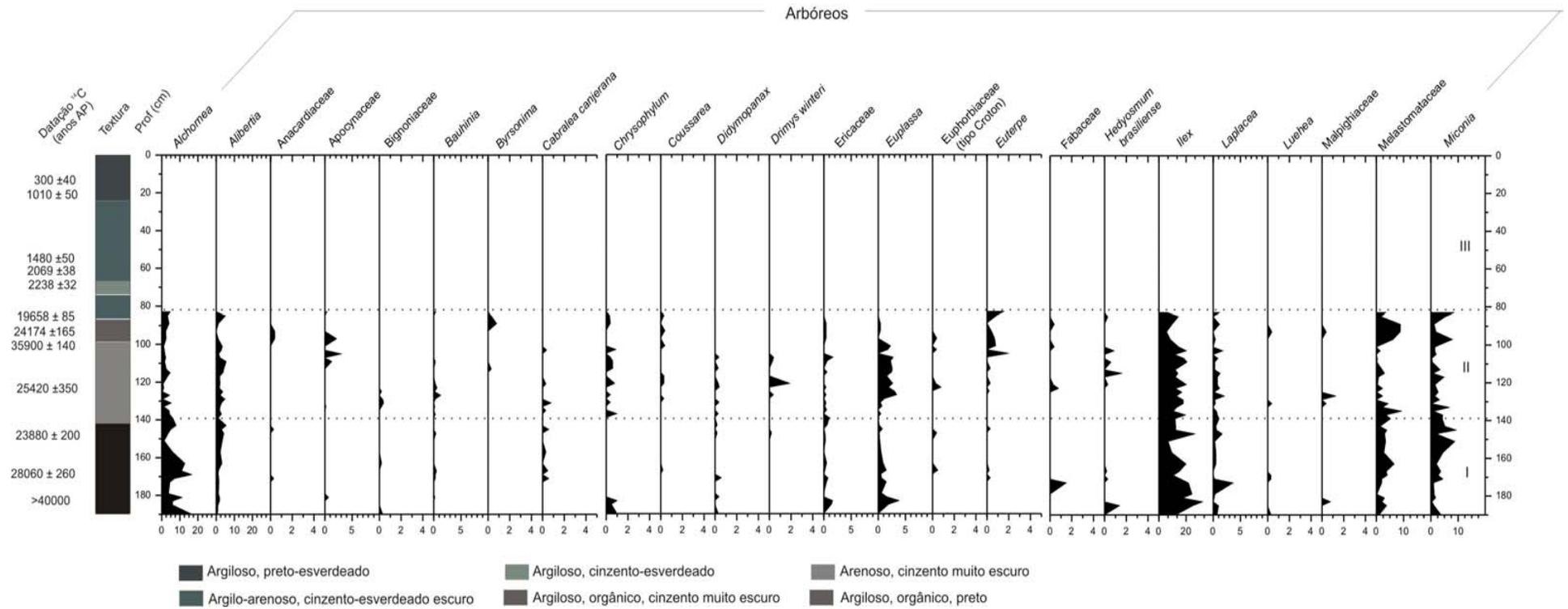


Figura 16 - Diagrama de porcentagem dos principais táxons arbóreos encontrados no registro do mangue Sítio Grande.

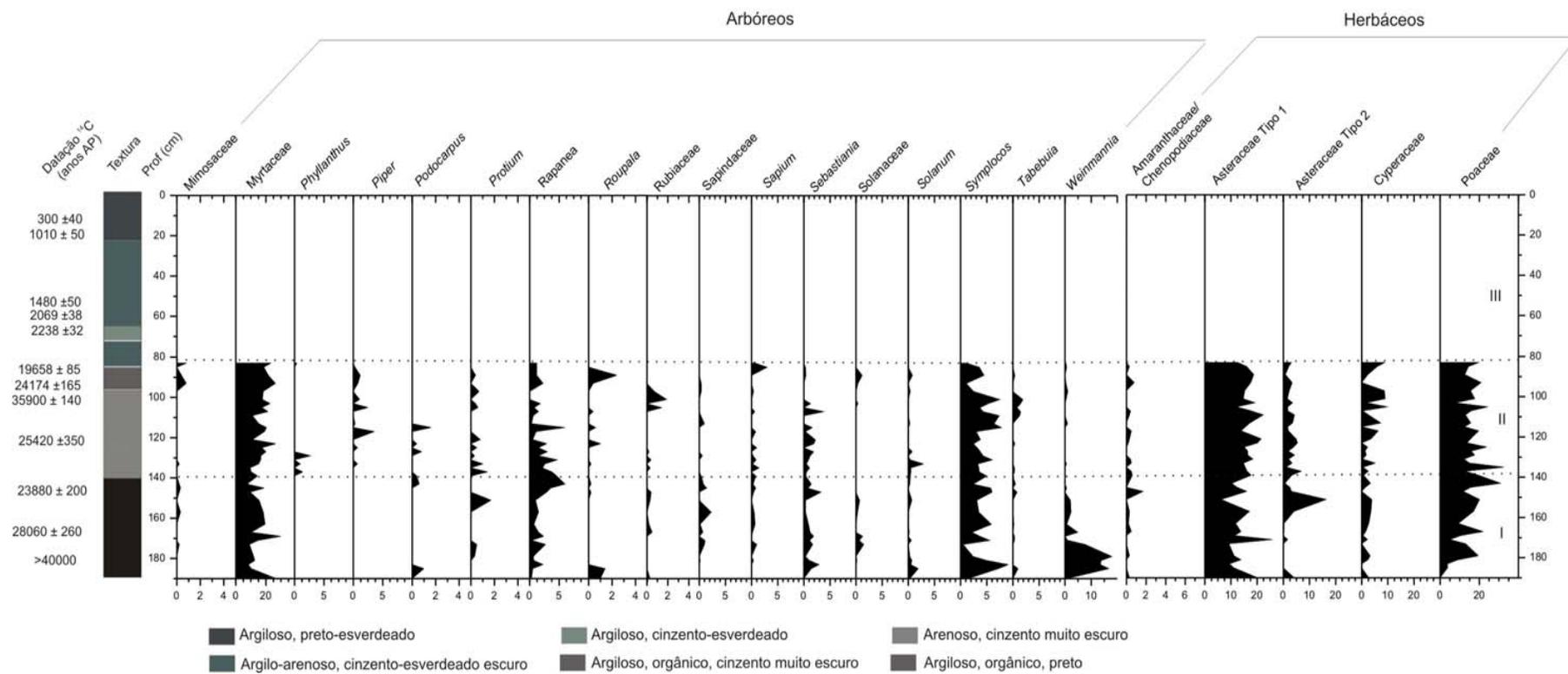


Figura 17 - Diagrama de porcentagem dos principais táxons arbóreos e herbáceos encontrados no registro do mangue Sítio Grande.

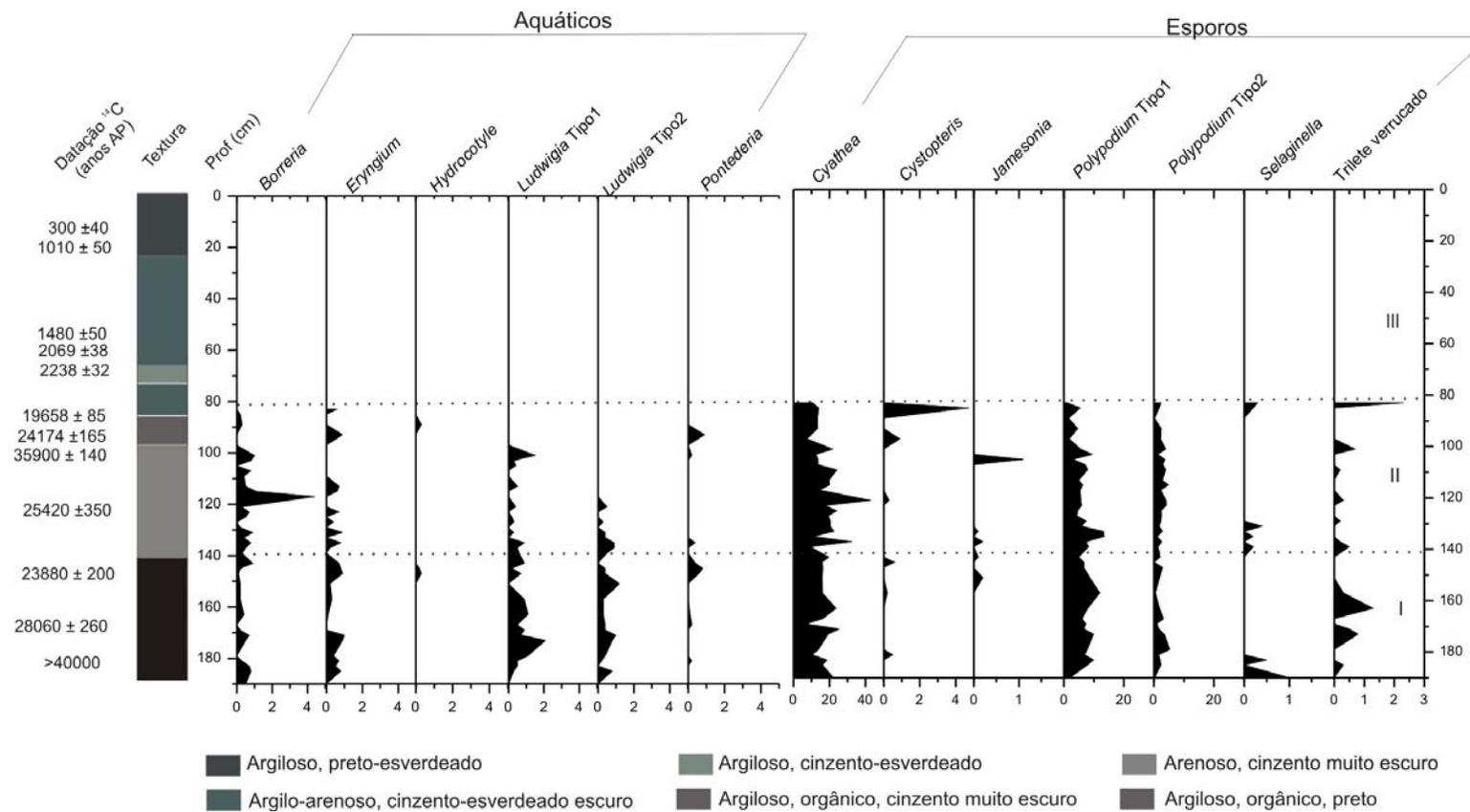


Figura 18 - Diagrama de porcentagem dos principais táxons de ervas aquáticas e esporos de pteridófitas encontrados no registro mangue Sítio Grande.

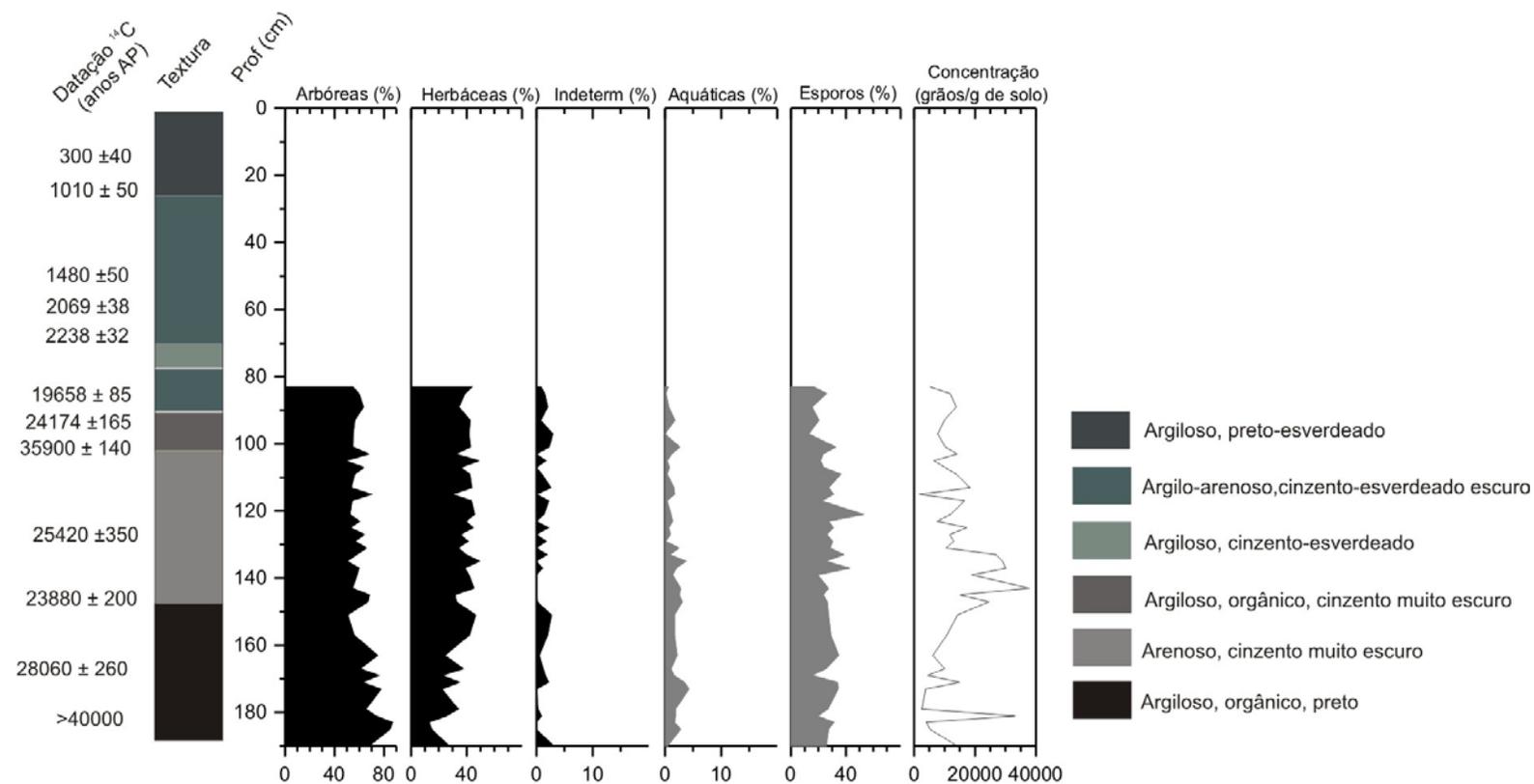


Figura 19 - Diagrama polínico por agrupamento ecológico de pólen e esporos encontrados no registro do mangue Sítio Grande. As categorias que definem os agrupamentos ecológicos estão representadas em porcentagem. A unidade de concentração de grãos de pólen está representada em grãos por grama de material.

6.3.1.9. Análise Diatomológica

Os resultados apresentados referem-se às análises realizadas nas amostras 0, 10, 20, 30, 40, 50, 64 e 76 cm (Figuras 20, 21 e 22). Nas amostras das camadas inferiores (80-196 cm) não foram encontradas diatomáceas.

Foram encontrados 75 táxons de diatomáceas (Anexo A.14). A distribuição dos valores percentuais dos elementos mais importantes numericamente é mostrada de acordo com as seguintes categorias: táxons marinhos, salobros e dulcícolas (Figuras 20 e 21). A Figura 22 representa um resumo dos valores de concentração para as categorias de diatomáceas encontradas.

A análise realizada pelo programa CONISS reconheceu três ecozonas principais. A primeira ecozona inclui as amostras entre as profundidades 190 e 80 cm, equivalente ao período de aproximadamente 40.000 a 19.600 anos AP, sem diatomáceas. A segunda zona corresponde à profundidade de 80 a 20 cm (~ 2.200 a 1010 anos AP) e a última de 20 cm até a superfície, que corresponde ao período entre 1.010 anos AP até o presente.

a) Zona I: 196 a 80 cm (~ 40.000 - 19.600 anos AP).

Zona caracterizada pela ausência de diatomáceas. Os resultados elementares (C e N), isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) e palinológicos discutidos anteriormente indicaram a presença de um ambiente continental neste período, em um ambiente alagado ou similar, com predomínio de vegetação florestal.

As diatomáceas ocorrem em todos os tipos de ambiente aquático e em alguns casos em ambientes úmidos onde a luminosidade, temperatura e condições químicas são satisfatórias para seu crescimento (Patrick & Reimer, 1966). Uma hipótese para a ausência de diatomáceas neste período seria a baixa luminosidade dentro do ambiente florestal (DE OLIVEIRA, comunicação pessoal⁷). Para melhores interpretações seriam necessários estudos mais detalhados das características químicas e físicas do local no período.

⁷ De Oliveira, P.E. (Laboratório de Palinologia e Paleobotânica - Universidade de Guarulhos). Comunicação pessoal, 2008.

b) Zona II: 80 a 20 cm (~2.200 – 1.010 anos AP).

Caracterizada pelo predomínio de táxons marinhos (75 a 90%) (Figuras 20 e 21). Os táxons salobros apresentaram-se com valores de aproximadamente 2% e os dulcículos com aproximadamente 5%. Os táxons dulcículos encontrados nas amostras analisadas foram classificados como oligohalóbios, ou seja, toleram pequenas concentrações de salinidade.

Os táxons marinhos com maiores porcentagens foram *Actinoptychus splendens* (entre 5 e 10%), *Coscinodiscus marginatus* (5 a 20%), *Cyclotella striata* (5 a 10%), *Diploneis gruendleri* (3 a 8%) e *Paralia sulcata* (10 a 25%). Observou-se a presença de *Coscinodiscus lineatus*, com porcentagem entre 1 e 6% e com concentração de aproximadamente 30.000 valvas.cm⁻³. Essa espécie é classificada como planctônica e oceânica podendo ser indicativa de uma influência marinha maior.

Nas amostras 40 cm, 50 cm e 76 cm observaram-se elevados valores na concentração de táxons dulcícolas (Figura 21) que pode estar relacionado com a alta concentração de *Cocconeis disculus* nessas amostras, que foi de aproximadamente 21.600, 17.700 e 14.450 valvas.cm⁻³, respectivamente. *Cocconeis disculus* é uma espécie oligoterma, ou seja, encontrada em temperaturas mais baixas, entre 0 e 15°C. O aumento na concentração desse táxon pode ser indicativo de uma diminuição na temperatura no período entre 2.200-1.010 anos AP.

A comunidade de diatomáceas encontrada neste intervalo sugere a presença de um ambiente estuarino-lagunar sob influência marinha.

c) Zona III: 20 cm até a superfície (~ 1.010 anos AP até o presente).

Esta zona também é caracterizada pelo predomínio de táxons marinhos (~80%) (Figura 21). Os táxons salobros apresentaram-se com valores de aproximadamente 5% e os dulcículos com aproximadamente 2%. Os táxons marinhos que apresentaram maior porcentagem foram *Actinoptychus campanulifer* (~5%), *Coscinodiscus marginatus* (entre 10 e 15%) e *Cyclotella striata* (~15%). Observou-se o aumento da porcentagem de *Cyclotella styllorum* (de ~ 0,6%, para ~10%) em relação à zona anterior e a diminuição da porcentagem de *Paralia sulcata*, de 25% para 10%. Observou-se um

decréscimo na concentração de táxons dulcícolas em relação ao intervalo anterior, passando de um valor máximo de 30.000 valvas.cm⁻³ para 5.000 valvas.cm⁻³ na amostra 20 cm, voltando a aumentar na amostra superficial.

O ambiente continua caracterizado como estuarino-lagunar, talvez semelhante ao atual. Apesar da porcentagem dos táxons marinhos (80%) apresentar-se levemente inferior em relação à zona anterior (90%), a concentração dos mesmos foi maior passando de uma concentração máxima de ~ 630.000 valvas.cm⁻³ (amostra 76 cm) para ~ 940.000 valvas.cm⁻³ na superfície (Figura 22). O mesmo pode ser observado para os táxons salobros que passaram de ~ 14.000 valvas.cm⁻³ (amostra 40 cm) para ~50.000 valvas.cm⁻³ na superfície.

Dados de foraminíferos em um estudo realizado na Baía de Trapandé, Cananéia, registraram a presença marinha na região nos últimos 5.000 anos AP. O ambiente foi caracterizado como estuarino-lagunar com influência marinha, ocorrendo períodos onde essa influência foi maior ou menor. No período datado de 5.010 anos AP (porção basal do testemunho, 5,0 m de profundidade) foi registrado forte presença marinha, que foi relacionada ao período da Transgressão Santos, quando o nível do mar esteve cerca de 5 metros acima do atual. Na porção superior dos testemunhos (1,5 m de profundidade até o topo) foi observada menor influência marinha (UEHARA et al., 2006).

Estudos paleolimnológicos realizados na Lagoa da Rocha, zona costeira do Uruguai revelaram que eventos transgressivos foram dominados por associação de diatomáceas marinhas/salobras e apresentaram valores relativamente baixos de COT e nutrientes. Em eventos regressivos observaram aumento na associação de diatomáceas salobras/de água doce e também nos valores de COT e nutrientes (GARCIA-RODRIGUEZ et al., 2004).

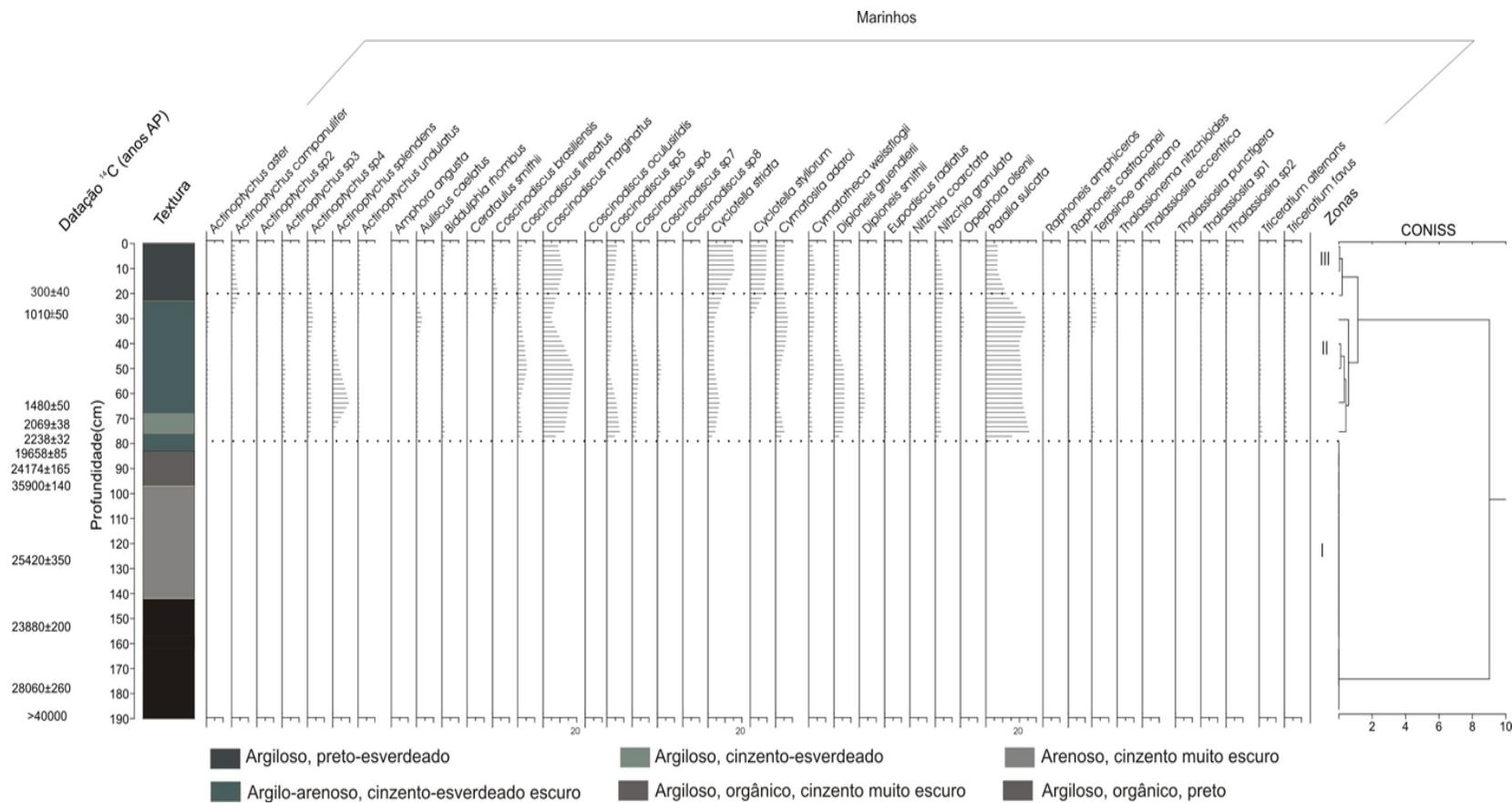


Figura 20 – Diagrama de percentagem de táxons de diatomáceas encontrados no registro do mangue Sítio Grande e o dendrograma gerado pelo programa CONISS, com a delimitação das zonas diatomológicas.

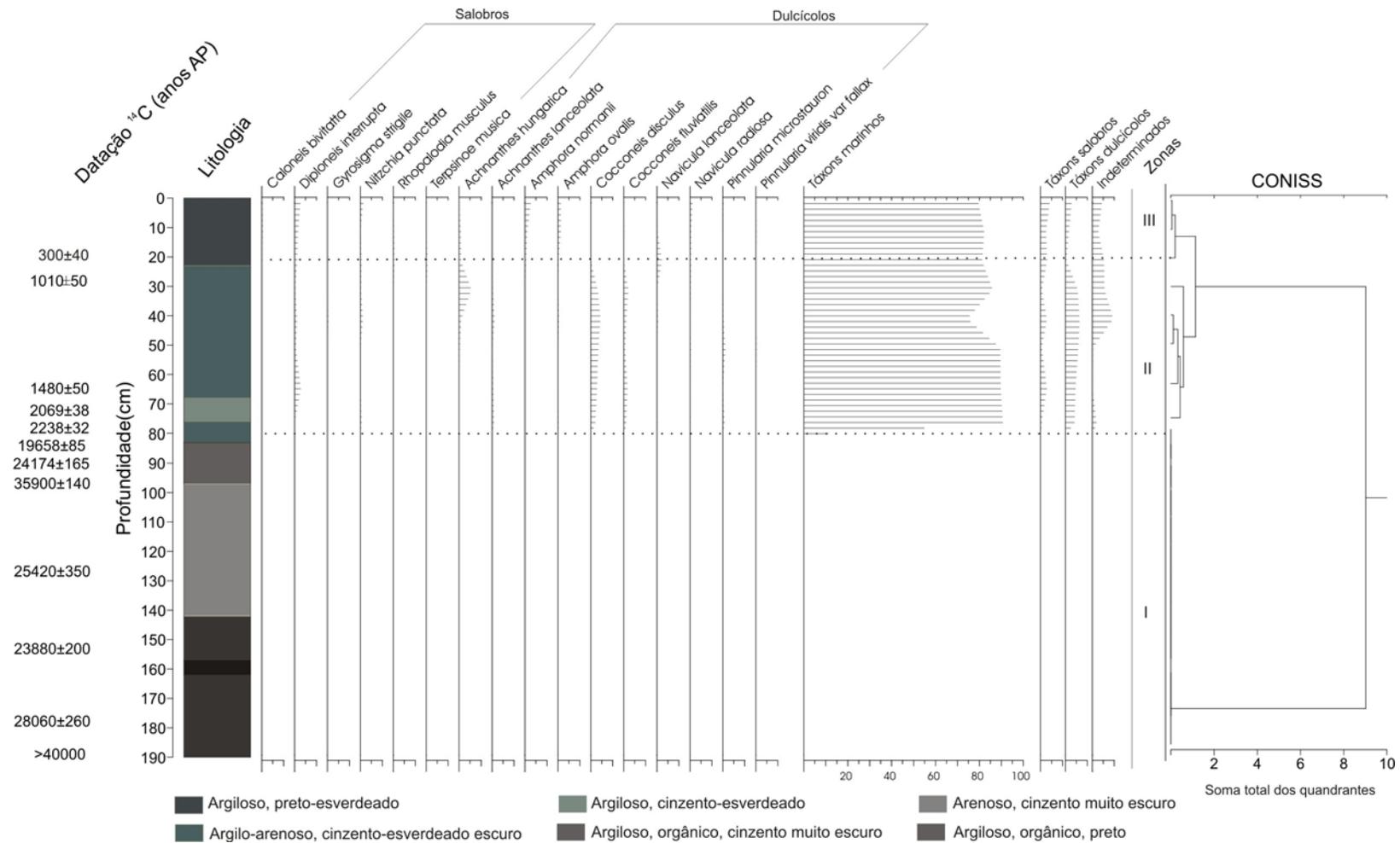


Figura 21 – Diagrama de porcentagem de táxons de diatomáceas encontrados no registro do mangue Sítio Grande e o dendrograma gerado pelo programa CONISS, com a delimitação das zonas diatomológicas.

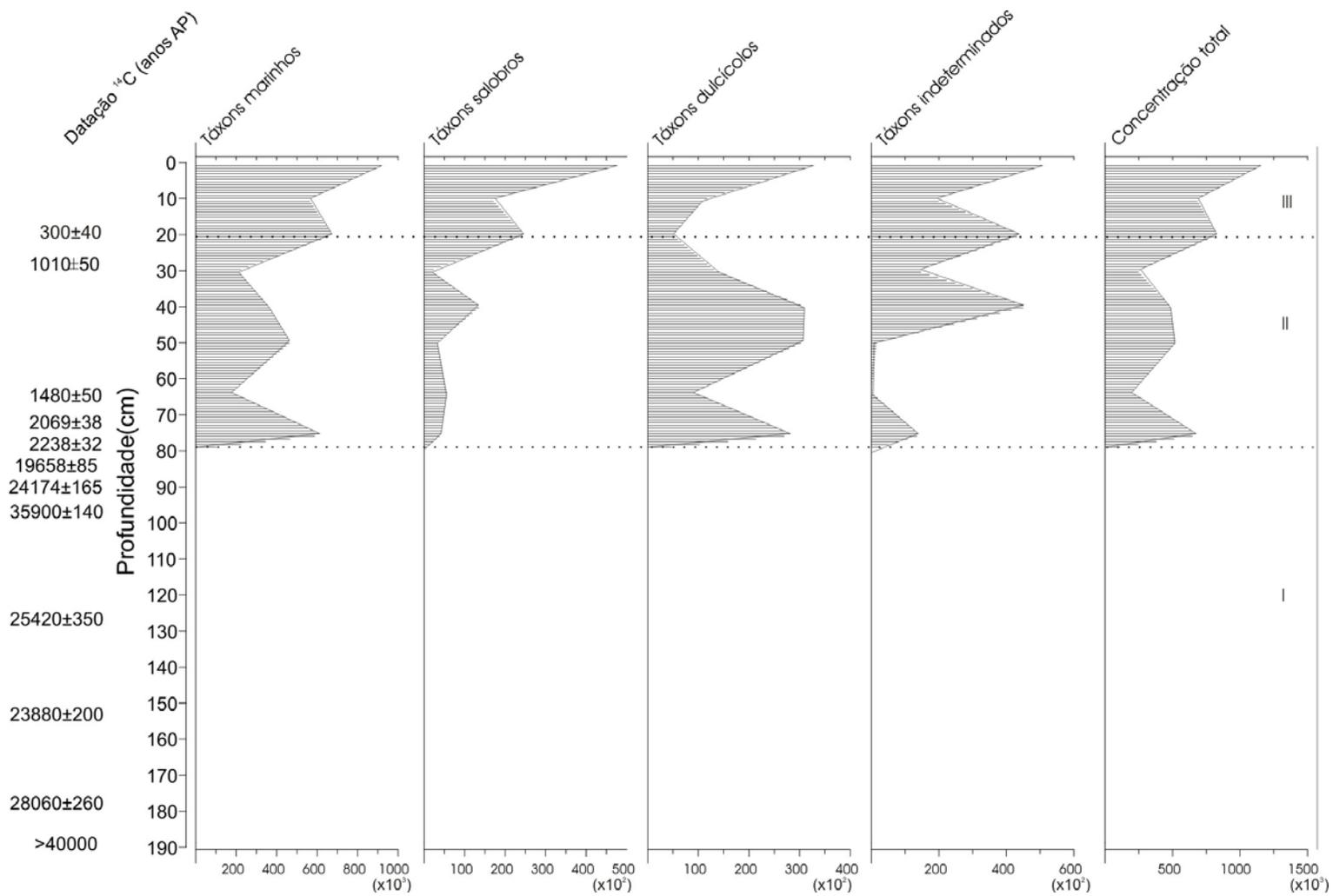


Figura 22 – Diagrama sumário de concentração de categorias das diatomáceas encontradas no registro do mangue Sítio Grande.

6.3.2. Mangue do rio Jacariu (JAC)

6.3.2.1. Descrição da coluna estratigráfica

Na seqüência apresenta-se a descrição da textura e cor em relação à profundidade do perfil JAC, que também pode ser observada na Figura 23.

0-30 cm	Argiloso, orgânico, raízes freqüentes, presença de fragmentos vegetais, cinzento-muito-escuro (10 YR 3/1).
30-70 cm	Argiloso, presença de areia fina, raízes freqüentes, cinzento-escuro (10 YR 3/1).
70-80 cm	Areno-argiloso, raízes freqüentes, cinzento-escuro (5 Y 4/1).
80-100 cm	Argiloso, presença de areia fina, algumas raízes, cinzento-escuro (5 Y 4/1).
100-110 cm	Areno-argiloso, algumas raízes, cinzento-escuro (5 Y 4/1).
110-238 cm	Arenoso, cinzento-escuro (5 Y 4/1). <ul style="list-style-type: none"> • 211 cm - camada argilosa.

6.3.2.2. Datações

Na Tabela 12 e Figura 23 apresentam-se as datações realizadas na matéria orgânica, nos fragmentos de madeira soterrados e conchas que foram encontrados no perfil. Foram realizadas duas datações por LOE, nas camadas 120-118 cm e 238-230 cm, mais arenosas, onde os resultados foram 530 ± 60 anos e 870 ± 100 anos, respectivamente. As datações por ^{14}C apresentaram algumas inversões, que podem estar relacionadas com o transporte de material de camadas superiores para maiores profundidades e vice-versa, provavelmente devido à atividade biológica (caranguejos) no local. As datações nas camadas 211 cm e 80-75 cm foram de 1.810 anos AP ± 80 e 230 anos AP ± 95 , respectivamente. O fragmento de madeira encontrado a 62 cm de profundidade apresentou a datação de 200 anos AP ± 65 . Na seqüência se observa a datação de 1.560 anos AP ± 120 para o material na camada 52-48 cm e de 670 anos AP ± 65 para amostras de conchas encontradas na camada 40-31 cm. O fragmento de madeira coletado a 14 cm de profundidade apresentou idade Moderna, ou seja, material que foi depositado durante/após os testes nucleares no final da década de 50 e início de 60.

Tabela 12 - Datação das amostras coletadas no perfil JAC

Amostra	Profundidade (cm)	Identificação do Laboratório	Datação ¹⁴ C (anos A.P.)
Fragmento de madeira	14	TO 13045	Moderna
Conchas	31-40	Lab 985	670 ± 65
Matéria orgânica	48-52	TO 13046	1560 ± 120
Fragmento de madeira	62	Lab 969	200 ± 65
Matéria orgânica	75-80	Lab 973	230 ± 95
Matéria orgânica	118-120	LVD 1553	530 ± 60 *
Matéria orgânica	211	TO 13047	1810 ± 80
Matéria orgânica	230-238	LVD 1554	870 ± 100 *

TO - Isotrace Laboratory, Toronto, Canadá

Lab - Laboratório ¹⁴C, CENA/USP

LVD - Laboratório de Vidros e Datação, FATEC/SP. (*) Datação por LOE.

6.3.2.3. Carbono orgânico total (COT)

Os resultados de carbono orgânico total são apresentados na Figura 23a e Anexo A.12. Os teores de carbono na unidade arenosa (228-110 cm) apresentaram-se entre 0,1% e 0,4%. Entre 110-60 cm observou-se um ligeiro aumento com valores entre 0,5% e 0,9%, com um pico de 3,0% (108-106cm). Acima de 60 cm até a superfície observaram-se os maiores teores, entre 1,3% e 6,3%.

6.3.2.4. C/N

Os resultados de C/N são apresentados na Figura 23b e Anexo A.12. Os valores obtidos para C/N variaram aleatoriamente ao longo do perfil e mantiveram-se entre 8,0 e 20,2. Esses valores indicam mistura de contribuições na matéria orgânica do solo, provenientes de plantas C₃ e fitoplâncton. Segundo Meyers (1994), os valores de C/N de 4 a 10 são característicos de algas e próximo ou superiores a 20 de plantas C₃.

6.3.2.5. $\delta^{13}C$

Os resultados de $\delta^{13}C$ são apresentados na Figura 23c e Anexo A.12. Os valores variaram de -24,9‰ a -26,3‰, exceto na camada 12-14cm, onde o valor foi de -29,2‰, característicos de plantas C_3 .

6.3.2.6. $\delta^{15}N$

Os resultados de $\delta^{15}N$ são apresentados na Figura 23d e Anexo A.1. Entre 228-160cm observaram-se os valores de + 1,0‰ até +2,0‰ sugerindo uma maior influência de plantas C_3 na mistura com fitoplâncton na composição da matéria orgânica (MEYERS, 2003). A partir de 150 cm os valores apresentaram-se entre +2,5‰ e +3,5‰, caracterizando uma maior influência fitoplanctônica em relação ao intervalo anterior.

6.3.2.7. $C/N \times \delta^{13}C$

Na Figura 24 apresenta-se o diagrama dos valores de $C/N \times \delta^{13}C$. A relação entre esses valores indicou uma mistura de plantas C_3 e fitoplâncton na composição da matéria orgânica do solo.

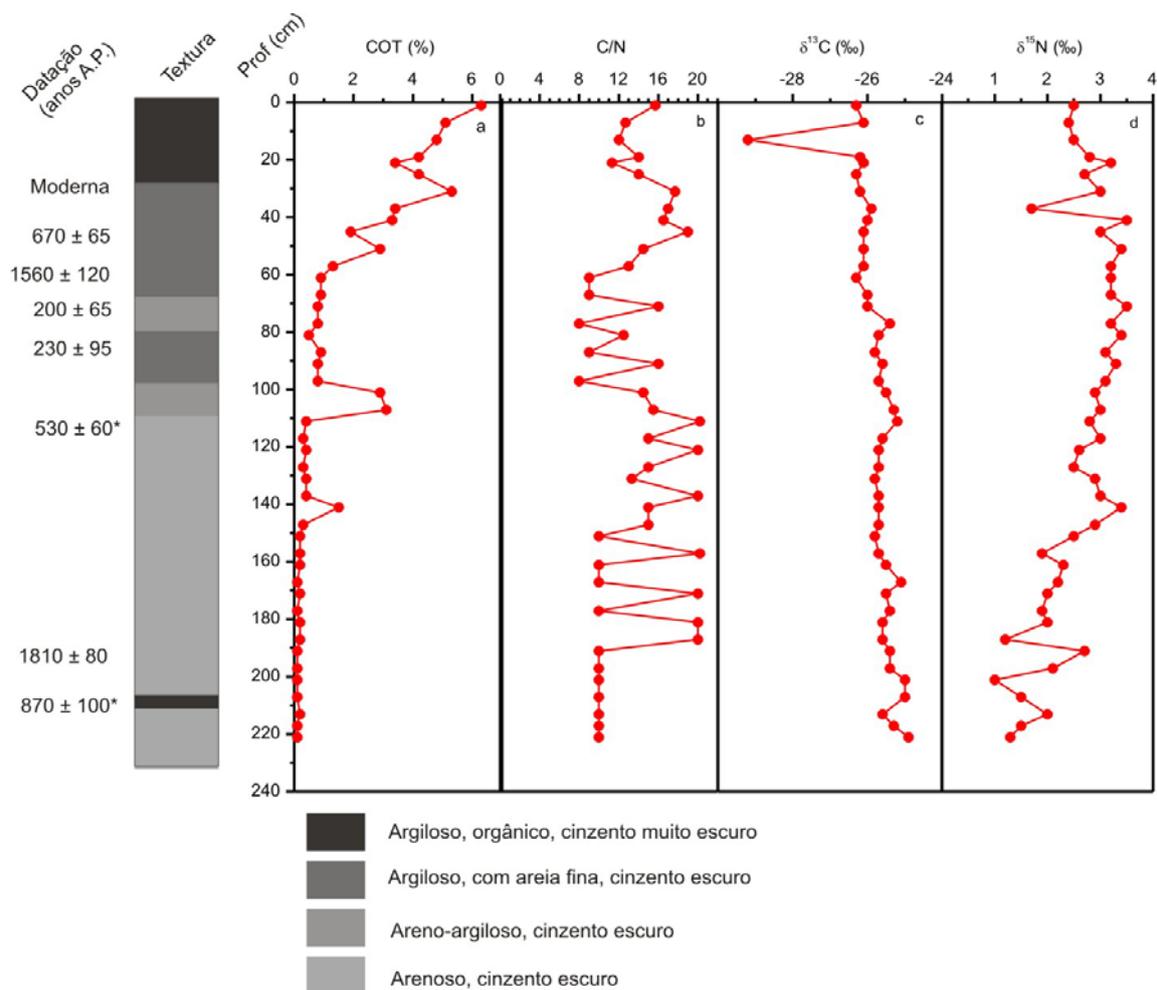


Figura 23 - Datação, textura, COT, C/N, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ da matéria orgânica do perfil JAC em relação à profundidade. (*) Datação por LOE. Demais datações por ^{14}C .

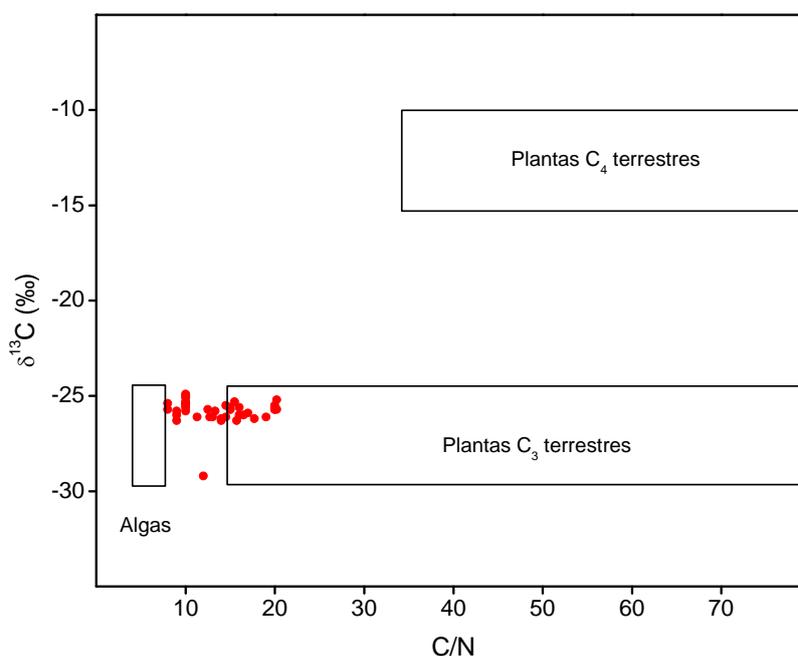


Figura 24 - Diagrama C/N x $\delta^{13}\text{C}$ para o perfil JAC.

6.3.2.8. Análise Diatomológica

A análise foi realizada de 10 em 10 cm, sendo que as diatomáceas foram encontradas apenas no intervalo entre 0 e 140 cm.

Foram encontrados 78 táxons de diatomáceas (Anexo A.14). A distribuição dos valores percentuais dos elementos mais importantes numericamente é mostrada de acordo com as seguintes categorias: táxons marinhos, salobros e dulcícolas (Figuras 25 e 26). A Figura 27 representa um resumo dos valores de concentração para as categorias de diatomáceas encontradas.

A análise realizada pelo programa CONISS reconheceu quatro ecozonas principais. A primeira ecozona inclui as amostras entre as profundidades 240 e 140 cm, onde não foram encontradas diatomáceas. A segunda zona corresponde à profundidade de 140 a 100 cm, a terceira inclui as amostras entre 100 e 70 cm e a última de 70 cm até a superfície.

a) *Zona I: 240-140 cm*

Esta zona foi caracterizada pela ausência de diatomáceas. Os valores de C/N (entre 8 e 20) (Figura 23) indicaram que algas, juntamente com plantas terrestres C₃, contribuíram na composição da matéria orgânica. No entanto, as diatomáceas não foram preservadas neste intervalo do testemunho (Figuras 25, 26 e 27).

b) *Zona II: 140-100 cm*

Caracterizada pelo predomínio de táxons marinhos (55-80%) (Figuras 25 e 26). Os táxons com maiores porcentagens foram *Coscinodiscus marginatus* (5 e 10%), *Cyclotella striata* (~10%), *Cyclotella styllorum* (10 e 30%) e *Paralia sulcata* (~10%). Os táxons salobros apresentaram-se com valores de 5% e os dulcícolas com valores entre 10 e 20% (Figura 26). *Achnanthes hungarica* (5%) e *Cocconeis disculus* (5-10%) foram os táxons dulcícolas com maiores porcentagens (Figura 26).

c) *Zona III: 100-70 cm*

Esta zona caracteriza-se pelo aumento da concentração total de diatomáceas, passando de ~120.000 valvas.cm⁻³ (amostra 100 cm), para ~620.000 valvas.cm⁻³ (80 cm) (Figura 27). Esse aumento foi registrado em todas as categorias de diatomáceas (marinhas, salobras e dulcícolas) e pode ser característico de um período de maior umidade na região.

Os táxons marinhos continuam predominantes (70-80%) e as porcentagens de táxons salobros e dulcícolas se mantêm constantes em relação à zona anterior.

d) *Zona IV: 70 cm até a superfície*

Em relação à zona III observa-se uma queda na concentração de diatomáceas, ficando entre ~63.000 valvas.cm⁻³ (40cm) e 370.000 valvas.cm⁻³ na superfície (Figura 27).

Observou-se um aumento na freqüência dos táxons marinhos (80-90%) em relação à zona III e queda na freqüência relativa dos táxons dulcícolas que ficaram entre 5 e 10%, provavelmente

representando um aumento da salinidade que pode estar associado com a tendência global de aumento no nível relativo do mar nos últimos 150 anos (COHEN et al., 2005). Os táxons salobros aparecem com valores entre 2 e 5%.

Os táxons marinhos predominantes foram *Coscinodiscus* sp5 (entre 5 e 12%), *Cyclotella striata* (5 e 10%), *Cyclotella styllorum* (15 e 25%), *Nitzchia granulata* (7 e 15%) e *Paralia sulcata* (5 e 8%).

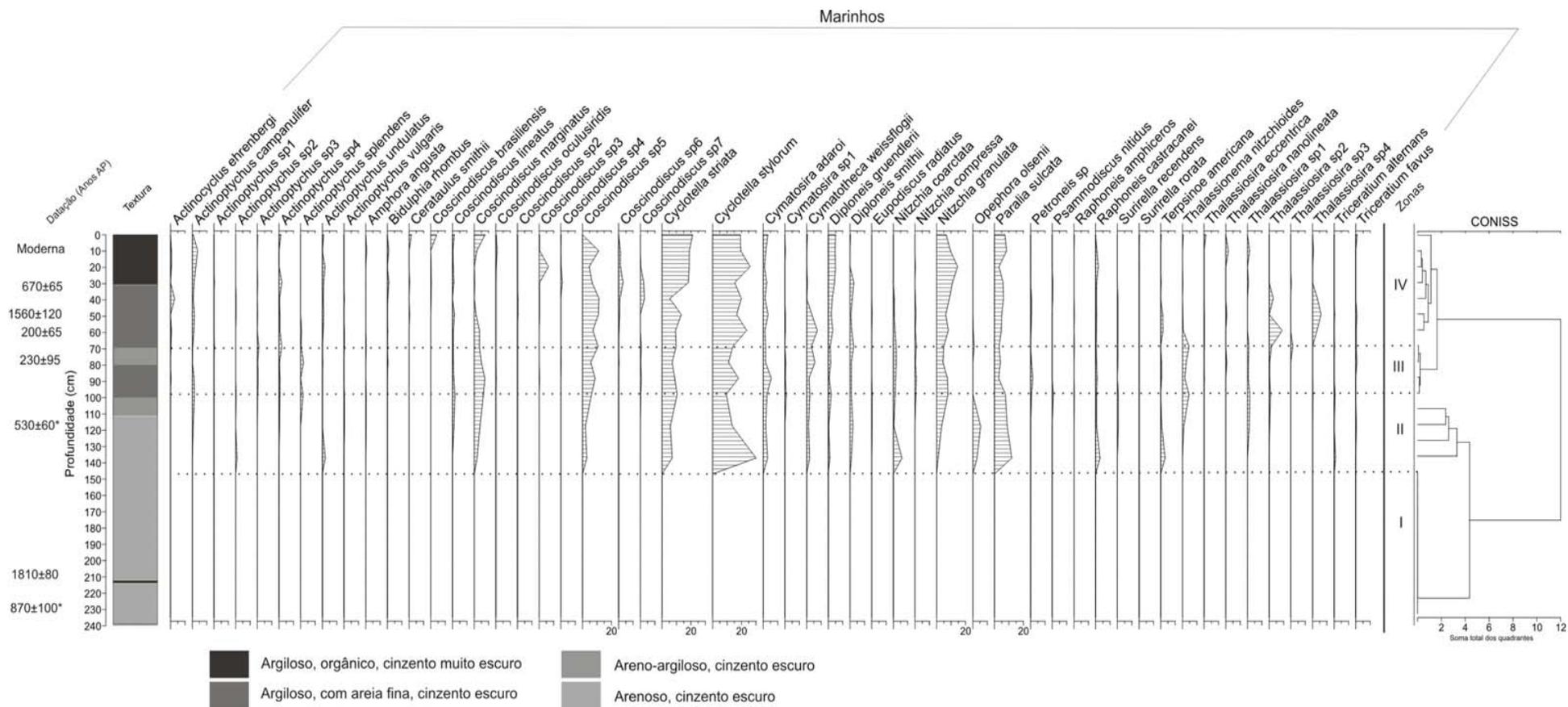


Figura 25 – Diagrama de porcentagem de táxons de diatomáceas encontradas no registro do mangue do rio Jacariú e o dendrograma gerado pelo programa CONISS, com a delimitação das zonas diatomológicas. (*) Datações por LOE.

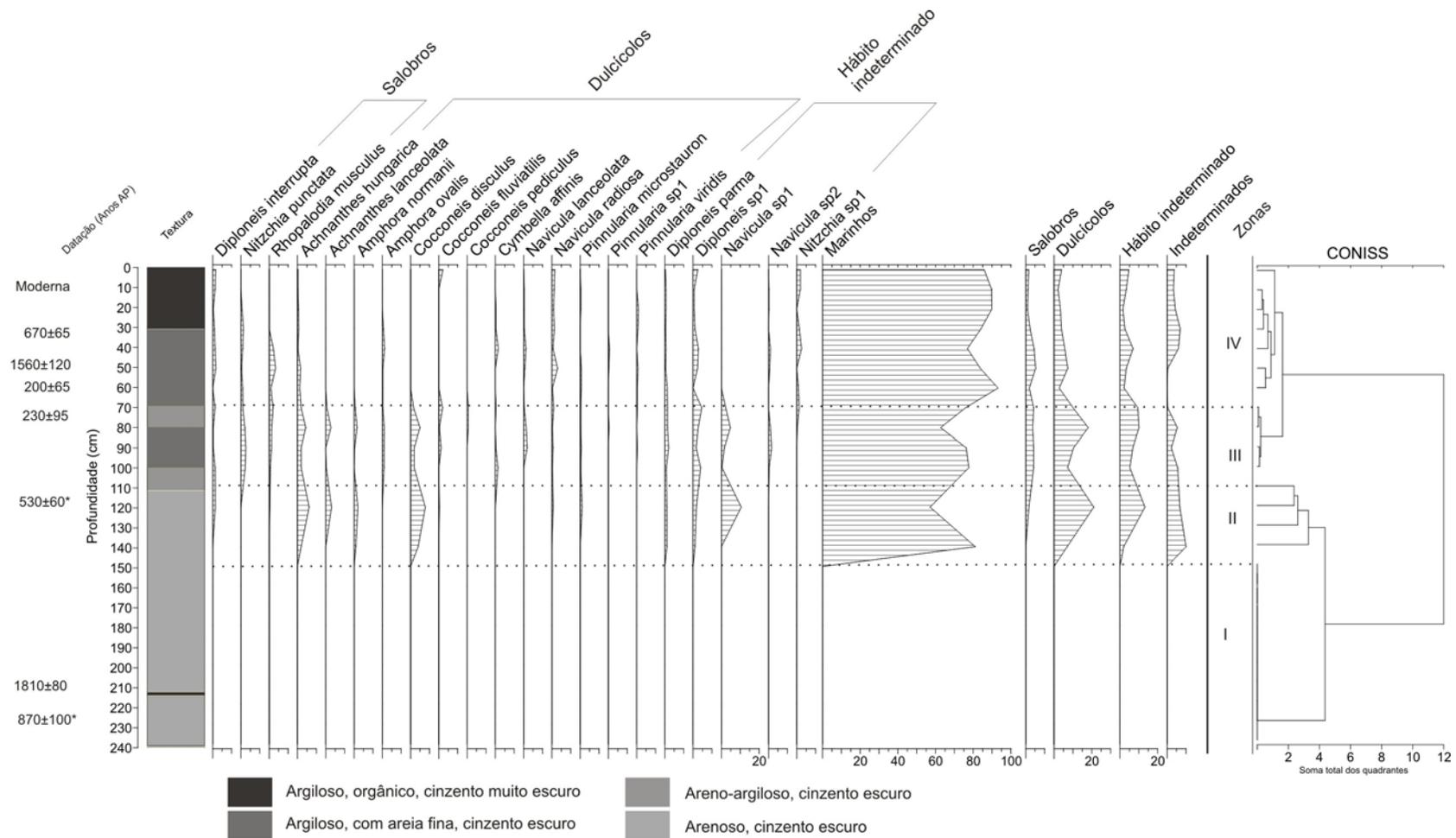


Figura 26 - Diagrama de porcentagem de táxons de diatomáceas encontradas no registro do mangue do rio Jacariú e o dendrograma gerado pelo programa CONISS, com a delimitação das zonas diatomológicas. (*) Datações por LOE.

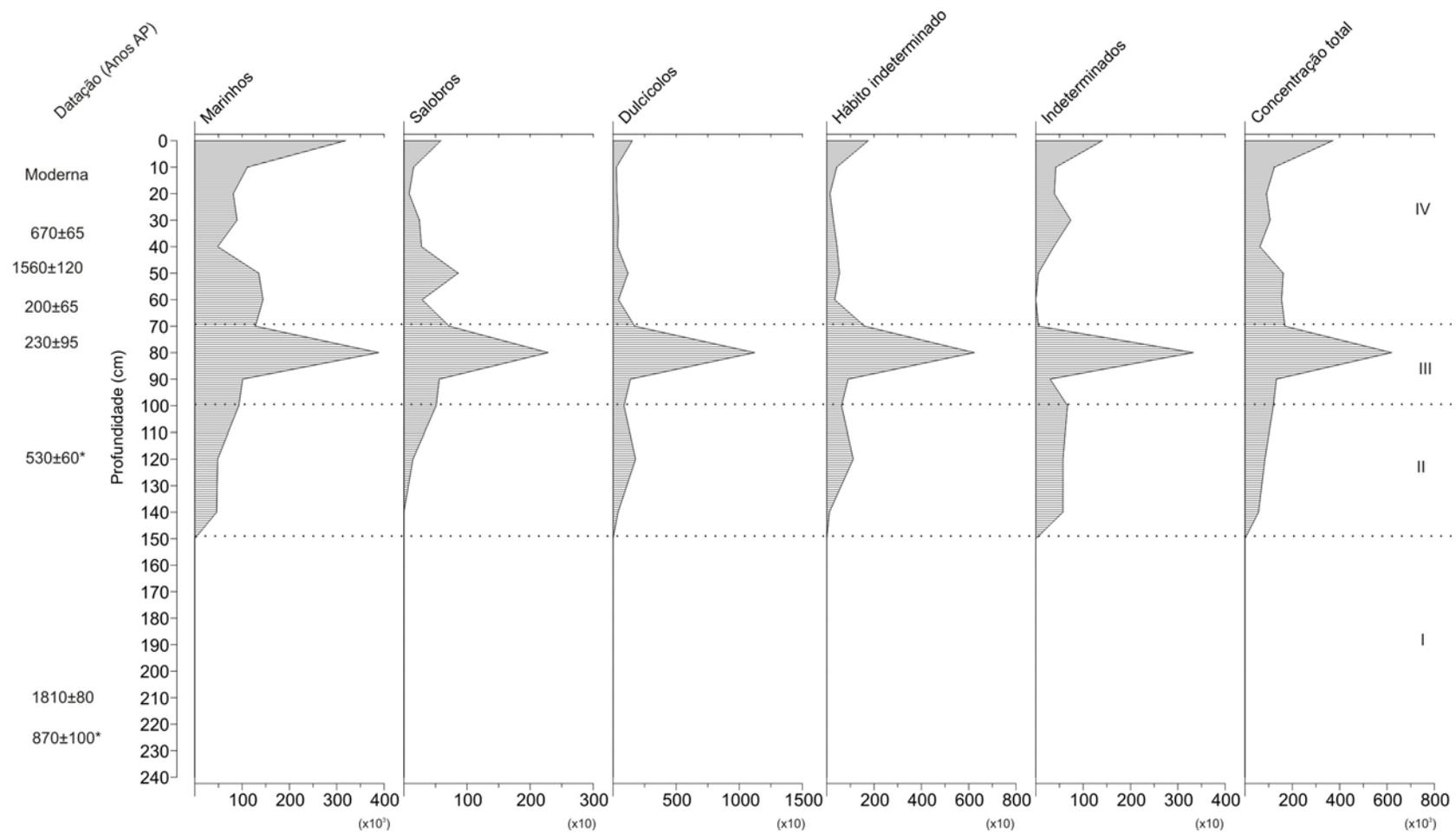


Figura 27 - Diagrama sumário de concentração das categorias de diatomáceas encontradas no registro do mangue do rio Jacariu.

6.4. Inferências paleoclimáticas

Na Tabela 13 apresenta-se um resumo dos resultados obtidos através das análises isotópicas, elementares, palinológicas e diatomológicas realizadas no presente trabalho.

Os registros isotópicos obtidos nas amostras dos solos coletadas na Ilha do Cardoso não apresentaram alterações significativas na vegetação durante aproximadamente os últimos 10.000 anos AP. Nas amostras de Carlos Botelho, em dois pontos de amostragem, os resultados indicaram a presença de um clima mais seco no Pleistoceno tardio (~ entre 25.000 e 15.000 anos AP), com a presença de uma mistura de plantas C_3 e C_4 e/ou uma vegetação menos arborizada que a atual. A partir de 15.000 anos AP, em todos os pontos de coleta, os resultados indicaram um predomínio de plantas C_3 , associado a um clima mais úmido que o anterior. A ocorrência de um clima seco no final do Pleistoceno (~ 20.000 – 14.000 anos AP) não alterou de forma significativa a paisagem da Floresta Ombrófila Densa (Floresta de Encosta) presente na região. Segundo Scheel-Ybert (2000), registros de mudanças climáticas, baseados na análise da vegetação, são atenuados na zona costeira.

Estudos palinológicos no Rio Grande do Sul mostraram a existência de oscilações climáticas na região costeira, as quais foram inferidas a partir da alternância entre elementos marinhos, pantanosos e continentais nos testemunhos lagunares, mas nenhuma modificação significativa da vegetação continental foi registrada durante o Holoceno (NEVES & LORSCHHEITTER, 1991, 1997; CORDEIRO & LORSCHHEITTER, 1994).

O registro palinológico sugeriu que aproximadamente entre 40.000 e 19.000 anos AP a floresta esteve presente na atual área do mangue Sítio Grande. O predomínio de táxons de *Ilex*, *Alchornea*, *Myrtaceae*, *Symplocos*, *Rapanea*, *Drimys*, *Podocarpus* e *Cyperaceae*, juntamente com as pteridófitas (*Cyathea* e *Polypodium*) e as ervas aquáticas, sugeriram a presença de uma floresta fria e úmida no período estudado e a existência de uma pequena lagoa no local ou solos temporariamente alagados. Os resultados isotópicos ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$) e elementares (C e N) também indicaram a presença de uma floresta no local ou próximo, com a influência de fitoplâncton, provavelmente de água doce. Entre 19.000 e 2.200 anos AP foi observado um hiato sedimentar, atribuído a possíveis atividades

neotectônicas que possam ter ocorrido na região. No intervalo que representou os últimos 2.200 anos AP não foram encontrados palinomorfos, mas registrou-se a presença significativa de diatomáceas marinhas, características de ambiente estuarino-lagunar. Os resultados isotópicos e elementares indicaram a contribuição fitoplanctônica (marinha) e terrestre na composição da matéria orgânica. Deste modo, provavelmente nos últimos 2.000 anos AP o mangue já teria se estabelecido na região, após a última transgressão marinha há 5.100 anos, e o ambiente seria semelhante ao atual. Na Figura 28 apresenta-se um esquema da evolução da paisagem na região do mangue Sítio Grande desde aproximadamente 40.000 anos AP até o presente.

No mangue do rio Jacariú as diatomáceas marinhas estiveram presentes aproximadamente nos últimos 1.500 anos AP. Os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ e da razão C/N indicaram uma mistura de plantas C_3 e fitoplâncton (provavelmente marinho) na composição da matéria orgânica. No intervalo entre 100 e 70 cm observou-se um aumento significativo na concentração de diatomáceas, que provavelmente possa indicar um período de maior umidade na região. Ybert et al., (2003), baseados em análises palinológicas e diatomológicas, registraram três episódios levemente mais úmidos na região de Iguape (SP), a ~ 59 km de Cananéia, nos últimos 4.000 anos AP, sendo o mais significativo por volta de 900 anos AP.

Evidências de variações climáticas e da vegetação foram registradas em distintos locais do Brasil desde o período glacial. Estudos baseados em isótopos do carbono da MOS encontraram evidências de condições climáticas mais secas no Pleistoceno superior (mistura de plantas C_3 e C_4) e úmidas no Holoceno com predomínio de plantas C_3 no sul (PESSENDA et al, 1996a) e sudeste do Brasil (PESSENDA et al, 1996a; GOUVEIA et al, 2002).

Registros isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$, ^{14}C) realizados em Salitre (MG) indicaram a mistura de plantas C_3 e C_4 desde o Holoceno inferior até ~ 1.700 anos AP. Em Piracicaba (SP), Jaguariúna (SP) e Londrina (PR) observou-se a presença significativa de plantas C_4 desde o Pleistoceno superior até o Holoceno inferior, indicando a presença de um clima mais seco que o atual. A partir de ~ 3.000 anos AP até o presente esses estudos indicaram uma expansão da floresta, sugerindo um clima mais úmido que o

anterior. Em Botucatu e Anhembi (SP) as plantas C_3 foram dominantes durante todo o Holoceno (PESSENDA et al, 1996a,b; GOUVEIA et al., 2002). No Alto Vale do Ribeira – PETAR (SP) observou-se a existência de uma vegetação mais aberta com a presença de plantas C_4 entre ~ 20.000 e 14.000 anos AP, associada com um clima mais seco que o atual. A partir de 14.000 anos AP até o presente os dados indicaram aumento gradual das plantas C_3 , sugerindo condições climáticas mais úmidas no Pleistoceno superior e Holoceno (SAIA et al., 2007).

Estudos baseados em dados palinológicos e sedimentológicos encontraram evidências de um clima mais frio e úmido entre ~40.000 e 25.000 anos AP, seguido por condições climáticas mais secas no UMG, em vários locais da América do Sul, por exemplo, no Chile (HEUSSER, 1971), no Panamá (BUSH & COLINVAUX, 1990), na Bolívia e Peru (WIRRMANN & MOREGUIART, 1995) e na Argentina (TRAUTH e STRECKER, 1999).

No Brasil, em Salitre (MG), Ledru et al. (1996) registraram, com base em dados palinológicos, um período úmido e frio entre 40.000 e 27.000 anos AP, com um máximo de umidade estimado em cerca de 35.000 anos AP. Em Serra Negra (SP) também registrou-se a presença de um clima frio e úmido nesse período. As condições de temperaturas um pouco mais baixas do que em Salitre foram sugeridas pela extensão da floresta de *Araucaria* (DE OLIVEIRA⁸ citado por LEDRU et al, 1996).

Em estudo de sucessivas fases de erosão e sedimentação, registradas nos depósitos do vale do rio Tamanduá em São Simão (SP), verificou-se a presença de um clima úmido entre 33.000 e 20.000 anos AP. Entre 17.000 e 11.000 anos AP o clima foi seco com chuvas esparsas. De 10.000 a 8.500 anos AP o clima voltou a ser úmido e após 7.500 anos AP os depósitos revelaram a existência de vários episódios secos (TURCQ et al, 1997).

Em Ponta Grossa (PR) análises palinológicas sugeriram a presença de vegetação de campos úmidos na região durante o período anterior à época do UMG (Fernandes et al., 2003). Nas regiões montanhosas de Cambará do Sul (RS) registros palinológicos indicaram que entre 42.000 e 26.900 anos AP o clima foi um pouco mais úmido do que durante o UMG (BEHLING et al, 2004).

⁸ DE OLIVEIRA, A **palynological record of late Quaternary vegetational and climatic change in southeastern Brazil**. Ph.D Thesis, The Ohio State University, Columbus: 238p, 1992.

O registro de um clima frio e seco foi obtido para a região de Catas Altas (MG) entre aproximadamente 48.000 e 26.000 anos AP (BEHLING & LICHTER, 1997; BEHLING, 1998) e na Bacia do Alto Paraná entre 40.000 e 8.000 anos AP (STEVAUX, 2000).

Diversos registros palinológicos do sul e sudeste do Brasil indicaram que o UMG (~ 24.000-17.000 anos AP) foi representado por um hiato sedimentar de milhares de anos, atribuído à condição climática mais seca neste período (LEDRU et al., 1998b).

Registros palinológicos nas regiões alto montanas do sul e sudeste do Brasil, onde atualmente ocorrem florestas de *Araucaria*, indicaram que durante o UMG existiam extensas áreas de vegetação de campos, com árvores esparsas de *Araucaria*, caracterizando um clima frio e seco (BEHLING, 1998, 2007; BEHLING et al, 2002, 2004, 2007). Áreas de campo ainda foram encontradas no Holoceno inferior e médio nas regiões alto montanas no sul do Brasil, sugerindo condições climáticas quentes e secas, com estação seca de aproximadamente 3 meses. Condições climáticas mais quentes e secas, com uma estação seca pronunciada, poderiam ser explicadas pela forte influência de massas de ar secas continentais tropicais que teriam bloqueado frentes frias polares. O Holoceno superior é caracterizado como muito úmido sem fases secas significativas com o início da expansão da floresta de *Araucaria* por volta de 3.000 anos AP, sugerindo condições climáticas mais frias que no período anterior.

Registros palinológicos de sedimentos marinhos da região de Vitória (ES) indicaram que a vegetação herbácea dominou a paisagem no UMG, indicando condições climáticas frias e secas (BEHLING et al, 2002). Áreas baixas da região costeira devem ter permanecido úmidas ao longo do ano para permitir a ocorrência de samambaias durante esse período. Flutuações na presença de esporos no registro polínico sugerem oscilações na precipitação. No glacial tardio observou-se diminuição no registro de táxons herbáceos e aumento de táxons de floresta, indicando a expansão da Floresta Atlântica e condições climáticas mais úmidas e quentes que a anterior.

Dados diatomológicos e sedimentológicos na Lagoa Dourada (PR) caracterizaram um período frio e seco durante o Pleistoceno tardio. O Holoceno inferior (~11.000 anos AP) foi marcado por um

clima mais úmido. Por volta de 8.700 anos AP o clima tornou-se árido e frio. O período seguinte foi caracterizado por várias oscilações no nível da água, com curtos e intensos eventos secos intercalados por longos períodos úmidos. Nos últimos 100 anos a região apresentou um clima mais quente e mais seco do que o apresentado anteriormente (MORO et al, 2004).

Estudos palinológicos e datações ^{14}C em uma turfeira no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Curucutu, distante cerca de 170 km a nordeste do local de estudo, registraram desde aproximadamente 28.460 anos A.P. até 22.000 anos AP, uma alta concentração de elementos arbóreos de Floresta Tropical e gêneros de coníferas (*Araucaria* e *Podocarpus*) juntamente com a presença de ervas aquáticas e algas indicando um clima frio e úmido na região da turfeira. De 22.000 a 10.000 anos AP foi constante a presença de floresta e savana, mas com aumento de esporos de algas que indicaram aumento da umidade e elementos botânicos encontrados em sedimentos glaciais, indicativos de esfriamento. Entre 19.000 e 13.750 os resultados sugeriram condições climáticas mais secas na região, porém houve a manutenção do mosaico floresta/savana, provavelmente devido à manutenção da umidade local. A partir de 10.000 anos a menor concentração de espécies herbáceas e algas sugere condições mais quentes que o período anterior (PESSENDA et al, submetido⁹).

A partir do presente estudo e dos trabalhos apresentados observaram-se significativas variações climáticas durante o Quaternário tardio. Com algumas exceções, verificou-se que de ~30.000 a ~18.000 anos AP o clima apresentou-se mais frio e úmido/seco que o atual dependendo do local de registro. Entre ~18.000 e 10.000 anos AP um clima mais seco predominava nas regiões sul e sudeste do Brasil. No intervalo de 10.000 a 4.000 anos AP registrou-se um clima mais quente e úmido que o período anterior e de 4.000/3.000 anos AP até o presente, um clima ainda mais úmido e similar ao atual.

Por outro lado, em diversos locais da região Amazônica no UMG a vegetação de floresta predominava (COLINVAUX et al., 1996; GOUVEIA, 1997, PESSENDA et al., 1998b, 2001a;

⁹ PESSENDA, L.C.R.; DE OLIVEIRA, P.E.; MOFATTO, M.; MEDEIROS, V.B.; GARCIA, R.J.F.; ARAVENA, R.; BENDASSOLLI, J.A.; ZUNIGA, A. The evolution of a tropical rainforest/savanna mosaic in southeastern Brazil since 28,000 yr BP based on carbon isotopes and pollen records. **Quaternary Research**, San Diego, submetido

FREITAS et al., 2001; BUSH et al., 2004; VIDOTTO et al., 2007), provavelmente devido à presença de um clima úmido. Essas diferenças climáticas observadas entre as regiões sul/sudeste e norte, provavelmente estão relacionadas com a posição da Zona de Convergência Inter-Tropical (ZCIT, em inglês ITCZ). Segundo Martin et al. (1997), a precipitação atual sobre a América do Sul tropical é amplamente controlada pelos movimentos sazonais da ZCIT. Os autores descrevem que entre 12.400 e 8.800 anos de calendário AP (o equivalente aproximadamente ao período de 10.900 e 7.500 anos AP) a ZCIT encontrava-se mais ao norte do que atualmente, registrando-se um clima úmido na região amazônica brasileira, enquanto que no lago Titicaca, localizado mais ao sul, no Altiplano Boliviano, as condições climáticas apresentavam-se áridas.

Tabela 13 – Resumo dos resultados obtidos através das análises isotópicas, elementares, palinológicas e diatomológicas.

Local de coleta	Período (anos AP)	Análise Isotópica e Elementar	Palinologia	Diatomologia
SOLO				
Ilha do Cardoso	~ 10.000 até o presente	Predomínio de plantas C ₃ , presença constante da floresta.	-	-
Carlos Botelho	~ 25.000-15.000	Mistura de plantas C ₃ e C ₄ e/ou uma vegetação menos arborizada que a atual. Presença de um clima mais seco.	-	-
	~15.000 até o presente	Expansão da floresta com maior contribuição de plantas C ₃ . Presença de um clima mais úmido que o anterior.	-	-
MANGUE				
Sítio Grande	~40.000-24.000	Maiores valores de COT relacionados com valores mais empobrecidos de $\delta^{13}\text{C}$ sugerindo influência de plantas terrestres C ₃ . Valores de C/N e $\delta^{15}\text{N}$ sugerem mistura de plantas terrestres C ₃ e fitoplâncton, provavelmente de água doce, com predomínio das primeiras, caracterizando um ambiente florestal e úmido.	Predomínio de pólen arbóreo (87%). Presença constante de pólen herbáceo (29%), provavelmente de gramíneas C ₃ , ervas aquáticas (4%) e esporos de pteridófitas (35%). Alta porcentagem de Myrtaceae, <i>Alchornea</i> , <i>Weinmannia</i> e <i>Symplocos</i> juntamente com <i>Hedyosmum</i> , <i>Podocarpus</i> , ervas aquáticas e samambaias permite inferir a presença de uma região florestada na atual área de mangue em um ambiente alagado ou similar. O clima seria mais úmido e frio do que o atual.	Ausência de diatomáceas

- Análise não realizada

Tabela 13 (continuação) – Resumo dos resultados obtidos através das análises isotópicas, elementares, palinológicas e diatomológicas.

Local de coleta	Período (anos AP)	Análise Isotópica e Elementar	Palinologia	Diatomologia
MANGUE				
Sítio Grande	~24.000-19.000	Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ indicaram a presença de plantas terrestres C_3 . Houve diminuição nos teores de COT e os valores de C/N e $\delta^{15}\text{N}$ indicaram uma contribuição mais significativa de fitoplâncton, provavelmente de água doce, do que no período anterior. Oscilações nos valores de C/N e $\delta^{15}\text{N}$ foram atribuídas a uma provável variação na umidade local. O ambiente permanece caracterizado como florestal com o clima mais úmido e frio que o atual.	Intervalo semelhante ao anterior devido à constante presença de pólen arbóreo. Houve aumento de esporos de pteridófitas (53%) e pólen herbáceo (50%), que juntamente com o aumento da porcentagem de <i>Drimys</i> e <i>Podocarpus</i> reforçam a interpretação de uma floresta fria e úmida no local.	Ausência de diatomáceas
	~19.000-2.000	Hiato	Hiato	Hiato
	~2.000 até o presente	Os valores de COT, C/N, $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ caracterizaram a mistura de plantas terrestres C_3 e fitoplâncton marinho na composição da matéria orgânica. O mangue teria se estabelecido, pelo menos, nos últimos 2.000 anos AP e o clima seria semelhante ao atual.	Ausência de palinomorfos	Predomínio de diatomáceas marinhas características de ambiente estuarino-lagunar.
Jacariu	~1.800 anos até o presente	Os valores de COT, C/N, $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ caracterizaram a mistura de plantas terrestres C_3 e fitoplâncton marinho na composição da matéria orgânica. O mangue estaria presente, pelo menos, nos últimos 1.800 anos AP	Ausência de palinomorfos	Predomínio de diatomáceas marinhas características de ambiente estuarino-lagunar, pelo menos, nos últimos 1.500 anos AP.

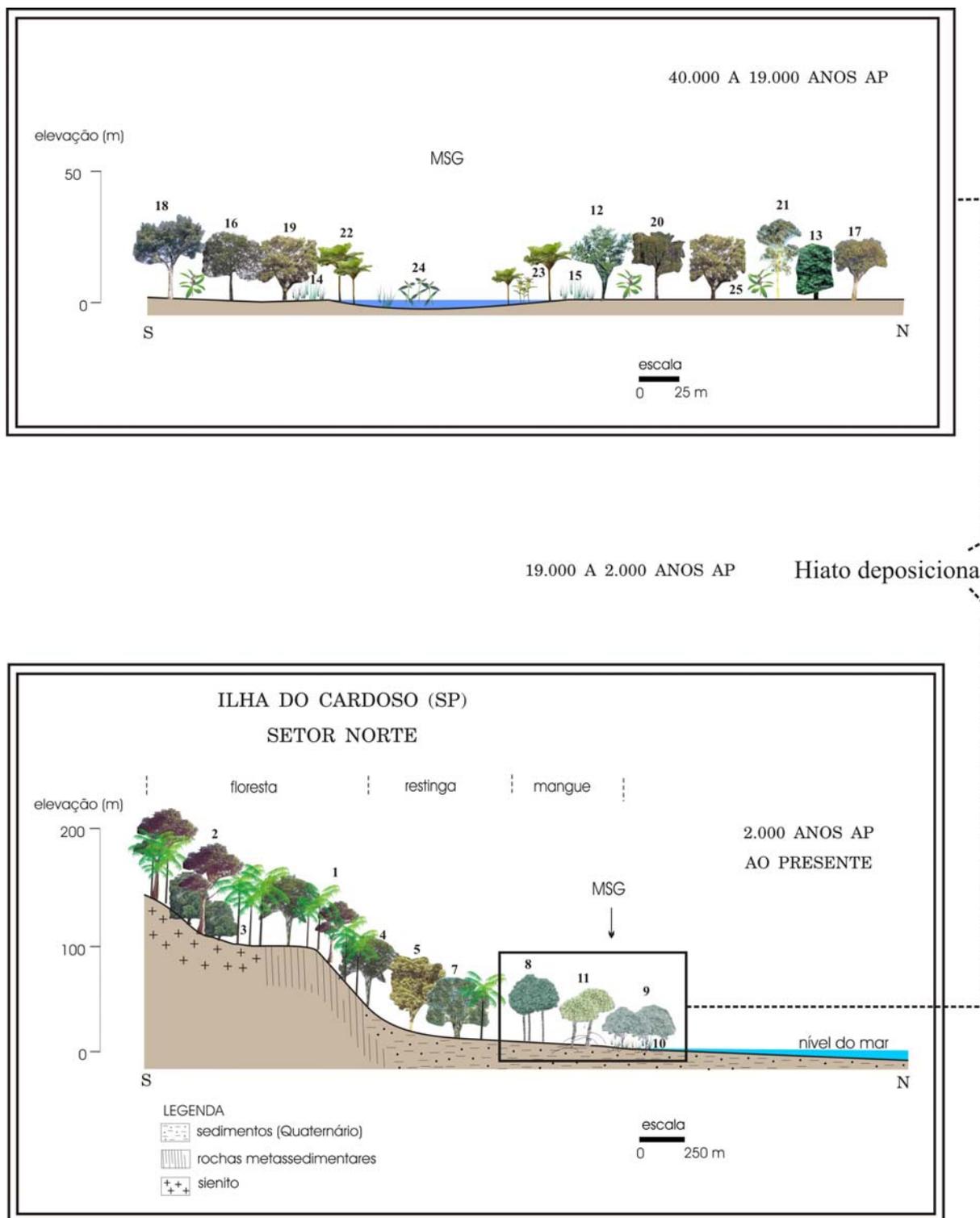


Figura 28 - Esquema representando a evolução da paisagem no local do mangue Sítio Grande indicando as espécies predominantes na região desde aproximadamente 40.000 anos AP até o presente, baseado na análise palinológica (presente estudo) e em estudos florísticos e fitossociológicos realizados na região (BARROS et al, 1991; MELLO & MANTOVANI, 1994; SAMPAIO, 2003). (1) *Euterpe edulis*; (2) *Rudgea jasminoides*; (3) *Cryptocarya moschata*; (4) *Malouetia cestroides*; (5) *Amaioua intermedia*; (6) Myrtaceae; (7) *Ocotea pulchella*; (8) *Laguncularia racemosa*; (9) *Avicennia schaueriana*; (10) *Spartina alterniflora*; (11) *Rhizophora mangle*; (12) *Podocarpus* sp; (13) *Weinmannia* sp; (14) Asteraceae; (15) Poaceae; (16) *Ilex* sp; (17) Myrtaceae; (18) *Drimys brasiliensis*; (19) *Alchornea* sp; (20) *Symplocos* sp; (21) *Rapanea*; (22) *Cyathea* sp; (23) *Ludwigia* sp; (24) *Borreria* sp; (25) *Hedyosmum brasiliense*.

6.5. Índícios de movimentos tectônicos cenozóicos na Ilha do Cardoso.

Outro fato importante observado neste trabalho está relacionado com as datações que foram encontradas nos perfis dos mangues Sítio Grande e do rio Jacariu.

A datação da base do perfil coletado no mangue Sítio Grande (MSG) apresentou idade superior a 40.000 anos AP. Entre 0,80 e 0,75 m há um hiato sedimentar (provavelmente erosivo), uma camada argilo-arenosa (19.658 anos AP) em contato com uma camada argilosa (2.238 anos AP). O segundo perfil, coletado no mangue do rio Jacariu (JAC) a aproximadamente 5 km a oeste do ponto MSG, apresenta granodecrescência ascendente (granulometria arenosa para mais argilosa, da base para o topo) e não mostra aparente hiato deposicional no perfil inteiro. Foram obtidas datações que variaram de 1.810 anos AP para 670 anos AP entre 2,0 e 0,4 m, respectivamente.

As margens Atlânticas são consideradas inicialmente como áreas sismicamente inativas, porém vários autores acharam evidências de atividade tectônica cenozóica ao longo da costa brasileira (MARTIN & SUGUIO, 1975; PRESSINOTTI & PRESSINOTTI, 1980; SOUZA et al., 1996). Baseados em uma série de dados sismológicos foram estabelecidas sete zonas sismogênicas no estado de São Paulo, inclusive a Zona Sismogênica de Cananéia (IPT, 1989), onde a Ilha do Cardoso está situada.

Com o uso de fotografias aéreas (1:35.000) foram traçados os lineamentos estruturais com objetivo de verificar a possível influência da atividade tectônica na sedimentação costeira, durante o Quaternário tardio, no norte da Ilha do Cardoso.

A fotointerpretação, realizada pela Geóloga Cláudia More de Lima (Mestranda no Laboratório ¹⁴C), demonstrou a existência de três zonas fisiográficas (Figura 29) relacionada diretamente com as diferentes unidades litoestratigráficas (a base geológica para as unidades litoestratigráficas que ocorreram na região foi baseada em Karmann et al., 1999). As áreas mais altas são sustentadas por rochas sieníticas, do Neoproterozóico (WEBER et al., 2001). A zona intermediária, com relevo moderado é condicionada por metasedimentos (Proterozóico), que formam uma faixa (largura de ~ 1,5 km) em contato na direção E-W com o sienito. A terceira zona é constituída pela planície costeira,

constituída por sedimentos Quaternários, cobertos por mangue e vegetação de Restinga. Neste setor é possível verificar áreas com sedimentação moderna (sedimentação arenosa e argilosa), caracterizada por vegetação menos densa (Figura 29).

Em relação à direção principal do lineamento estrutural (que controla o sistema de drenagem), três compartimentos foram distintos e delimitados entre eles, para extensos lineamentos NNE-SSW (Figura 29). No compartimento 1 prevalecem os lineamentos NNW-SSE. Há uma área significativa de sedimentação moderna neste local. No compartimento 2 prevalecem os lineamentos de NNE-SSW que cruzam toda a área (inclusive os sienitos, rochas metassedimentares e sedimentos Quaternários). Os perfis coletados (MSG e JAC) ficam situados no setor 2 e 1, respectivamente. Entre estes dois pontos amostrais há um extenso lineamento NNE-SSW. O compartimento 2 apresenta a menor expressão relacionada à área de sedimentação moderna no norte da Ilha do Cardoso. No compartimento 3 prevalecem os lineamentos NW-SE, com sedimentação moderna que ocupa aproximadamente toda a área costeira.

A direção do lineamento principal da Ilha do Cardoso (NW-SE) está de acordo com o Lineamento Guapiara (FERREIRA, 1982a,b) e com a sucessão de falhas normais atribuídas a formação do Gráben de Cananéia durante o Cenozóico (SOUZA et al., 1996).

A estruturação NNE-SSW observada no compartimento 2 é provavelmente mais jovem e controla a sedimentação nas áreas da região costeira. O perfil MSG apresentou datação > 40.000 anos AP a 2,0 m de profundidade, em contraste com o perfil JAC, com datação de ~ 2.000 anos AP para a mesma profundidade, sugerindo um soerguimento nesta região (compartimento 2) durante o Quaternário tardio. Os compartimentos 1 e 3 provavelmente são áreas de subsidência, concentrando a maioria da sedimentação costeira moderna na Ilha do Cardoso.

Estes resultados são preliminares e necessitam de mais estudos, deste modo fica como sugestão a coleta de novos perfis para trabalhos futuros, onde sejam obtidos dados complementares estruturais e datações para a porção norte da Ilha do Cardoso.

MAPA DE LINEAMENTOS DE DRENAGEM DA REGIÃO NORTE DA ILHA DO CARDOSO (SP)

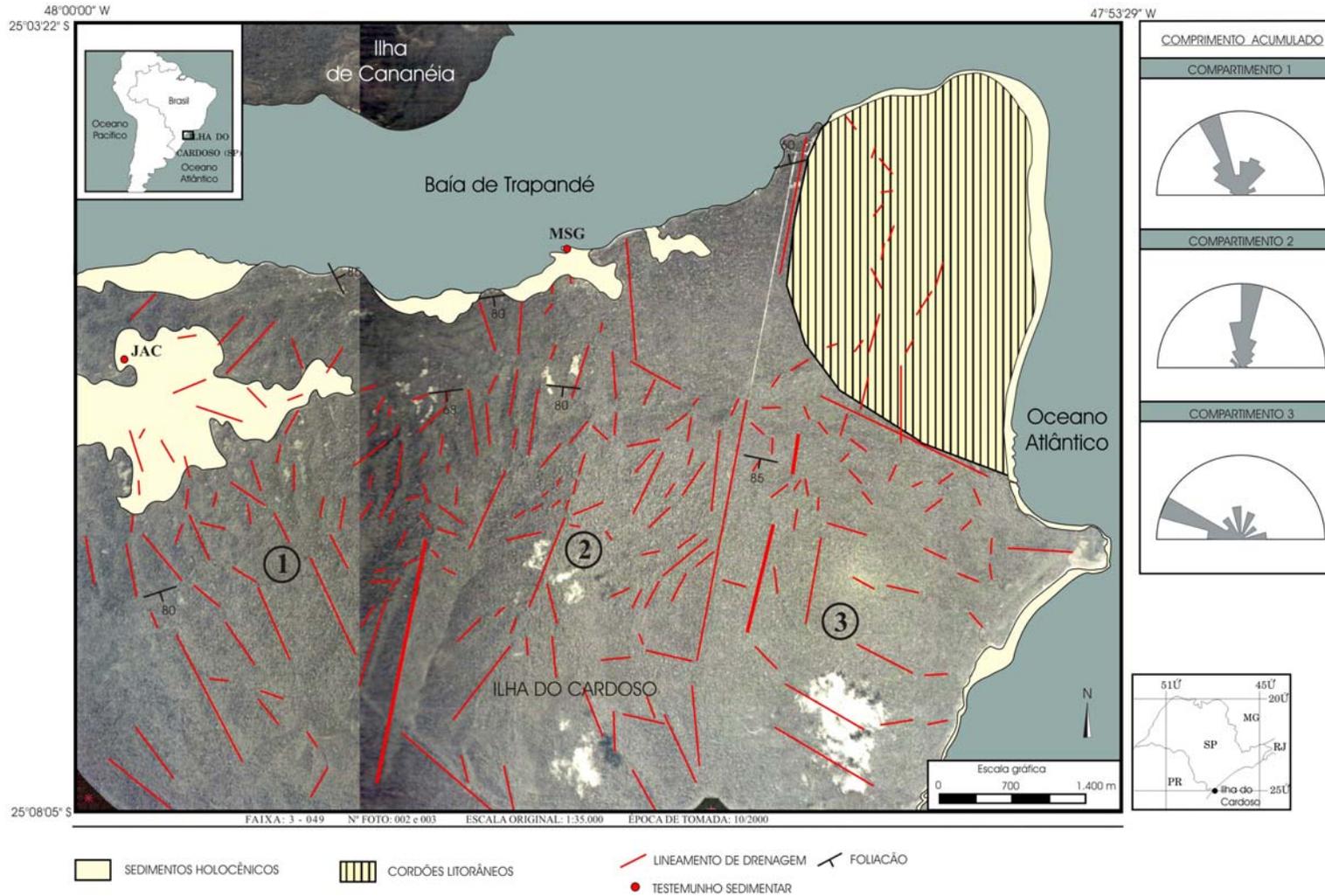


Figura 29 – Sedimentação moderna e lineamento estrutural da porção norte da Ilha do Cardoso.

VII. CONCLUSÕES

Com base na caracterização botânica e isotópica ($\delta^{13}\text{C}$) das plantas dominantes nos locais de amostragem de solos e nos mangues concluiu-se que as plantas coletadas na Ilha do Cardoso foram espécies características da Mata Atlântica e apresentaram valores de $\delta^{13}\text{C}$ característicos de plantas C_3 . Apenas *Spartina alterniflora* Loisel, uma gramínea encontrada no mangue, apresentou valor de $\delta^{13}\text{C}$ característico de planta C_4 (-14,5‰). Em Carlos Botelho a maioria das espécies apresentou valores característicos de plantas C_3 e encontraram-se algumas gramíneas C_4 .

A partir dos resultados de análises granulométrica, elementar (COT), isotópica ($\delta^{13}\text{C}$) da MOS e datações ^{14}C da humina de solos, concluiu-se que:

Ilha do Cardoso

- Os solos (Cambissolos) coletados na Floresta de Encosta apresentaram textura argilosa e muito argilosa, com teores crescentes de COT no sentido de maiores profundidades para a superfície. Os solos (Espodossolos) coletados na Restinga apresentaram textura arenosa, com a mesma tendência de aumento de COT de maiores profundidades para a superfície.

- Nos Cambissolos coletados na Floresta de Encosta os valores mais empobrecidos de $\delta^{13}\text{C}$ (~ -26,0‰) sugeriram que pelo menos, nos últimos 10.800 anos AP a floresta esteve presente no local de estudo. Nos Espodossolos da Restinga os valores isotópicos apresentaram-se característicos de plantas C_3 em todo o perfil, porém valores mais enriquecidos em maiores profundidades indicaram a presença de uma vegetação menos densa que a atual desde aproximadamente o Holoceno inferior até o

Holoceno médio ou até aproximadamente 4.000-3.000 anos AP. A partir de 2.640 anos AP os valores mais empobrecidos indicaram uma vegetação arbórea semelhante a atual.

Carlos Botelho

- Os solos (Cambissolos) coletados apresentaram textura médio-argilosa e argilosa, com teores crescentes de COT de maiores profundidades para a superfície.
- Em dois pontos de amostragem os valores isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$) mais enriquecidos em maiores profundidades indicaram a presença de uma vegetação menos densa que a atual, com provável mistura de plantas C_3 e C_4 , sugerindo a presença de um clima mais seco no período de aproximadamente 25.000-15.000 anos AP. A partir de 15.000 anos AP até o presente, valores mais empobrecidos em todos os pontos de coleta evidenciaram o predomínio de plantas C_3 (floresta), provavelmente associada com a presença de um clima mais úmido que o período anterior.

A partir dos resultados das análises elementares (C e N), isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$), datações ^{14}C , palinológicas e diatomológicas da matéria orgânica do mangue Sítio Grande e Jacariu concluiu-se que:

Mangue Sítio Grande

- A datação da base do testemunho apresentou-se superior a 40.000 anos AP. Observaram-se algumas inversões nas datações que foram atribuídas ao provável transporte de materiais entre as camadas, pela ação de agentes bioturbadores (por exemplo, caranguejos). Entre 0,80 e 0,75 m (19.000 – 2.200 anos AP) houve um hiato sedimentar, provavelmente erosivo, causado por movimentos neotectônicos ocorridos na região de Cananéia no Quaternário.
- Os valores mais empobrecidos de $\delta^{13}\text{C}$ ($\sim -28,0\text{‰}$) associados com altos teores de COT (até 40%) e da razão C/N (até 130) indicaram a presença de uma vegetação florestal na atual área do mangue e/ou nas proximidades entre aproximadamente 40.000 e 25.000 anos AP. Entre 25.000 e 19.000 anos AP os resultados continuam indicando o predomínio de plantas terrestres C_3 no local,

porém sugerem também uma contribuição fitoplanctônica na composição da matéria orgânica, caracterizando uma região florestada na atual área do mangue em um ambiente alagado ou similar. Entre 19.000 e 2.200 anos AP não foi possível obter resultados devido à existência do hiato sedimentar. A partir de 2.200 anos AP os valores mais enriquecidos de $\delta^{13}\text{C}$ ($\sim -26,0\%$) associados com menores valores de COT (entre 0,3% e 6%) e razão C/N (entre 2 e 27) indicaram uma contribuição de plantas terrestres C_3 e de fitoplâncton na composição da matéria orgânica.

- A análise palinológica indicou a presença de elementos arbóreos característicos de floresta fria e úmida, com uma associação de *Alchornea*, *Drimys*, *Melastomataceae/Combretaceae*, *Myrtaceae*, *Podocarpus*, *Rapanea*, *Symplocos* e *Weinmannia* juntamente com samambaias típicas de formações florestais e ervas aquáticas. Esses resultados juntamente com dados elementares e isotópicos sugerem a presença de um ambiente florestal na atual área do mangue entre aproximadamente 40.000 e 19.000 anos AP com condições climáticas frias e úmidas.

- A análise diatomológica indicou o predomínio de diatomáceas marinhas, que sugerem a presença de um ambiente estuarino-lagunar sob influência marinha, com condições climáticas semelhantes a atual, desde pelo menos, 2.200 anos AP.

Mangue do rio Jacariu

- As datações variaram de aproximadamente 1.800 anos AP para 670 anos AP (entre 2,0 m e 0,4 m). Algumas inversões nas datações foram atribuídas ao provável transporte de materiais entre as camadas, pela ação de agentes bioturbadores.

- Os resultados isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) associados com os resultados elementares (C/N) indicaram uma mistura de plantas terrestres C_3 e fitoplâncton na composição da matéria orgânica em todo o perfil, ou seja, nos últimos 1.800 anos AP.

- A análise diatomológica indicou que as diatomáceas estiveram presentes nos últimos 1.500 anos AP, com predomínio de espécies marinhas, características de ambiente estuarino-lagunar sob influência marinha. No período de aproximadamente 230 anos AP, observou-se um aumento

significativo na concentração de diatomáceas, provavelmente indicando um aumento da umidade nesse período.

Os resultados preliminares obtidos através da interpretação de fotografias aéreas permitiram distinguir três compartimentos para a porção norte da Ilha do Cardoso. No compartimento 2, onde coletou-se o perfil MSG, os dados sugerem o soerguimento dessa região, que estaria controlando a sedimentação nas áreas da região costeira durante o Quaternário tardio. Os compartimentos 1 (onde coletou-se o perfil JAC) e 3 seriam áreas de subsidência, concentrando a maioria da sedimentação costeira moderna na Ilha do Cardoso.

REFERÊNCIAS

ABSY, M.L. Polen e Esporos do Quaternário de Santos (Brasil). **Hoehnea**, São Paulo, v. 5, p. 1-26, 1975.

ABSY, M.L.; SUGUIO, K. Palynological content and significance of the drilled sediment samples from the Baixada Santista, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 47, p. 287-290, 1975. Suplemento.

AGUIAR, O.T. **Comparação entre os métodos de quadrantes e parcelas na caracterização da composição florística e fitossociológica de um trecho de floresta ombrófila densa no Parque Estadual “Carlos Botelho” – São Miguel Arcanjo, São Paulo**. 2003. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J.D. Late Holocene phytolith and carbon-isotope record from a latosol at Salitre, South-Central Brazil. **Quaternary Research**, San Diego, v. 51, p. 187-194, 1999.

AMARAL, P.G.C. **Contribuição palinológica ao estudo da evolução do manguezal do rio Itanhaém, litoral sul de São Paulo**. 2003. 71 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

AMARAL, P.G.C.; LEDRU, M.-P.; BRANCO, F.R.; GIANNINI, P.C.F. Late Holocene development of a mangrove ecosystem in southeastern Brazil (Itanhaém, state of São Paulo). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 241, p. 608-620, 2006.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG) II. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of Linnean Society**, London, v. 141, p. 399-436, 2003.

ANGULO, R.J.; GIANNINI, P.C.F. Variação do nível relativo do mar nos últimos dois mil anos na região sul do Brasil: uma discussão. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 44, p. 67-75, 1996.

ANGULO, R.J.; LESSA, G.C. The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from the Paranaguá and Cananéia regions. **Marine Geology**, Amsterdam, v. 140, p. 141-166, 1997.

ASSIS, M.A. **Florística e caracterização das comunidades vegetais da planície costeira de Picinguaba, Ubatuba, SP**. 1999. 255 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

BALESDENT, J.; GIRARDIN, C.; MARIOTTI, A. Site-related $\delta^{13}\text{C}$ of tree leaves and soil organic matter in a temperate forest. **Ecology**, Brooklyn, v. 74, p. 1713-1721, 1993.

BARBERI, M. **Mudanças paleoambientais na região dos cerrados do Planalto Central durante o Quaternário tardio**: o estudo da Lagoa Bonita, DF. 201. 210 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

BARBERI, M.; SALGADO-LABOURIAU, M.L.; SUGUIO, K. Paleovegetation and paleoclimate of "Vereda de Águas Emendadas", central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, Oxford, v. 13, p. 241-254, 2000.

BARROS, F.; MELO, M.M.R.F.; CHIEA, S.A.C.; KIRIZAWA, M.; WANDERLEY, M.G.L.; MENDAÇOLLI, S.L.J. **Flora fanerogâmica da Ilha do Cardoso**. São Paulo - Instituto de Botânica, 1991. v.1.

BATARBEE, R.W. Diatom analysis and the acidification of lakes. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B**, London, v. 305, p. 451-477, 1984.

BATARBEE, R.W. Diatom analysis. In: BERGLUND, B.E. **Handbook of holocene palaeoecology and palaeohydrology**. Chichester: John Wiley, 1986. p. 527-570.

BEHLING, H. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. **Journal of Paleolimnology**, Dordrecht, v. 14, n. 3, p. 253-268, 1995a.

BEHLING, H. Investigations into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S Brazil). **Vegetation History and Archaeobotany**, Dordrecht, v. 4, n. 3, p. 127-152, 1995b.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 129, p. 407-422, 1997a.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the *Araucaria* forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 97, p. 109-121, 1997b.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetational and climate changes in Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 99, p. 143-156, 1998.

BEHLING, H. Late glacial and Holocene vegetation, climate and fire history inferred from Lagoa Nova in the southeastern Brazilian lowland. **Vegetation History and Archeobotany**, Dordrecht, v. 12, p. 263-270, 2003.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, fire and climate dynamics of Serra do Araçatuba in the Atlantic coastal mountains of Paraná state, southern Brazil. **Vegetation History Archaeobotany**, Dordrecht, v. 16, p. 77-85, 2007.

BEHLING, H.; COSTA, M.L.D. Studies on Holocene tropical vegetation mangrove and coast environments in the state of Maranhão, NE Brazil. In: RABASSA, J.; SALEMME, M. (Ed.). **Quaternary of South America an Antarctic Peninsula**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1994. v. 10, p. 93-118.

BEHLING, H.; LICHTER, M. Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical southeastern Brazil. **Quaternary Research**, San Diego, v. 48, p. 348-358, 1997.

BEHLING, H.; NEGRELLE, R. Tropical rain forest and climate dynamics of the Atlantic Lowland, southern Brazil, during the late Quaternary. **Quaternary Research**, San Diego, v. 56, p. 383-389, 2001.

BEHLING, H.; LICHTER, M.; MIKLÓS, A.W. Evidence of a forest free landscape under dry and cold climatic conditions during the last glacial maximum in the Botucatu region (São Paulo State), Southeastern Brazil. In: RABASSA, J.; SALEMME, M. (Ed.). **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1998. v. 11, p. 99-110.

BEHLING, H.; COHEN, M.C.L.; LARA, R.J. Studies on Holocene mangrove ecosystem dynamics of the Bragança Peninsula in north-eastern Pará, Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 167, p. 225-242, 2001a.

BEHLING, H.; BAUERMANN, S.G.; NEVES, P.C.P. Holocene environmental changes in the São Francisco de Paula region, southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, Oxford, v. 14, p. 631-639, 2001b.

BEHLING, H.; ARZ, H.W.; PÄTZOLD, J.; WEFER, G. Late Quaternary vegetational and climate dynamics in southeastern Brazil, inferences from marine cores GeoB 3229-2 and GeoB 3202-1. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 179, p. 227-243, 2002.

BEHLING, H.; PILLAR, V.P.; ORLÓCI, L.; BAUERMANN, S.G. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 203, p. 277-297, 2004.

BEHLING, H.; DUPONT, L.; SAFFORD, H.D.; WEFER, G. Late Quaternary vegetation and climate dynamics in the Serra da Bocaina, southeastern Brazil. **Quaternary International**, Amsterdam, v. 161, p. 22-31, 2007.

BESNARD, W. Considerações gerais em torno da região lagunar de Cananéia-Iguape. **Boletim do Instituto Paulista de Oceanografia**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 9-26, 1950.

BICUDO, C.E.M.; BICUDO, R.M. **Algas de águas continentais brasileiras**. São Paulo: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências – FUNBEC, 1970. 228 p.

BISSA, W.M.; YBERT, J.P.; CATHARINO, E.L.M.; KUTNER, M. Evolução paleoambiental na planície costeira do Baixo Ribeira durante a ocupação sabaquieira. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 10, p. 89-102, 2000.

BLASCO, F.; SAENGER, P.; JANODET, E. Mangroves as indicators of coastal change. **Catena**, Amsterdam, v. 27, p. 167-178, 1996.

BOULET, R.; PESSENDA, L.C.R.; TELLES, E.C.C.; MELFI, A. Une évaluation de la vitesse de l'accumulation de matière par la faune du sol à partir de la datation des charbons et d'humine du sol. Exemple des Latosols des versants du lac Campestre, Salitre, Minas Gerais, Brésil. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série IIA**, Paris, v. 320, p. 287-294, 1995.

BOUTTON, T.W. Stable carbon isotope ratios of natural materials. II. Atmospheric, terrestrial, marine and freshwater environments. In: COLEMAN, D.C.; FRY, B. (Ed.). **Carbon isotope techniques**. New York: Academic Press, 1991. p. 155-171.

BOUTTON, T.W. Stable carbon isotope ratios of soils organic matter and their use as indicators of vegetation and climate change. In: BOUTTON, T.W.; YAMASAKI, S.I. (Ed.). **Mass spectrometry of soils**. New York: Marcel Dekker, 1996a. p. 47-82.

BOUTTON, T.W. Characterization of natural ^{15}N abundance of soils. In: BOUTTON, T.W.; YAMASAKI, S.I. (Ed.). **Mass spectrometry of soils**. New York: Marcel Dekker, 1996b. p. 205-208.

BOUTTON, T.W.; ARCHER, S.R.; MIDWOOD, A.J.; ZITZER, S.F.; BOL, R. $\delta^{13}\text{C}$ values of soil organic matter and their use in documenting vegetation change in a subtropical savannah ecosystem. **Geoderma**, Amsterdam, v. 82, p. 5-41, 1998.

BRADBURY, J.P.; LEYDEN, B.; SALGADO-LABORIAU, M.L.; LEWIS, W.M.; SCUBERT, C.; BINFORD, M.W.; FREY, D.G.; WHITEHEAD, D.R.; WEIBEZAHN, F.H. Late Quaternary environmental history of Lake Valencia, Venezuela. **Science**, Washington, v. 214, p. 1299-1305, 1981.

BRADLEY, R.S. **Paleoclimatology reconstruction climates of the Quaternary**. San Diego: Academic Press, 1999. 613 p.

BRUGAM, R.B. The human disturbance history of Linsley Pond, North Branford, Connecticut. **Ecology**, Brooklyn, v. 59, p. 19-36, 1978.

BUSH, M.B.; COLINVAUX, P.A. A long record of climatic and vegetation change in lowland Panamá. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 1, p. 105-118, 1990.

CAMPBELL, C.A.; PAUL, E.A.; RENNIE, D.A.; McCALLUM, K.J. Factors affecting the accuracy of the carbon-dating method in soil humus studies. **Soil Science**, New Brunswick, v. 1, n. 2, p. 81-85, 1967.

CERLING, T.E.; QUADE, J.; WANG, Y.; BOWMAN, J.R. Carbon isotopes in soils and paleosols as ecology and paleoecology indicators. **Nature**, London, v. 341, p. 138-139, 1989.

CINTRON, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Introduction a la ecologia del manglar**. Montevideo: UNESCO-ROSTLAC, 1983. 109 p.

CORDEIRO, S.H.; LORSCHHEITTE, M.L. Palynology of Lagoa dos Patos sediments, Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Paleolimnology**, Dordrecht, v. 10, n. 1, p. 35-42, 1994.

COELHO, L.G.; BARTH, O.M.; CHAVES, H.A.F. Palynological records of environmental changes in Guaratiba mangrove area, Southeast Brazil, in the last 6000 years B.P. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 8., 2001, Imbé. **Boletim de resumos**. São Paulo: ABEQUA, 2001. p. 403-404.

COLINVAUX, P.; DE OLIVEIRA, P.E.; PATIÑO, J.E.M. **Amazon pollen manual and atlas**. Amsterdam: Harwood Academic Publishers, 1999. 332 p.

COUR, P. Nouvelle techniques de détection des flux et des retombées polliniques: étude de la

sedimentation des pollens et des spores a la surface du sol. **Pollen et Spores**, Paris, v. 16, p. 103-141, 1974.

DE OLIVEIRA, P.E.; BEHLING, H.; LEDRU, M.-P.; BARBERI, M.; BUSH, M.; SALGADO-LABORAU, M.L.; GARCIA, M.J.; MEDEANIC, S.; BARTH, O.M.; BARROS, M.A.; SCHEEL-YBART, R. Paleovegetação e paleoclimas do Quaternário do Brasil. In: SOUZA, C.R.G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A.M.S.; DE OLIVEIRA, P.E. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Editora Holos, 2005. p. 52-74.

DESJARDINS, T.; FILHO, A.C.; MARIOTTI, A.; CHAUVEL, A.; GIRARDIN, C. Changes of the forest-savanna boundary in Brazilian Amazonia during the Holocene as revealed by soil organic carbon isotope ratios. **Oecologia**, Berlin, v. 108, p. 749-756, 1996.

DIAS, A.C. **Composição florística, fitossociologia, diversidade de espécies arbóreas e comparação de métodos de amostragem na floresta ombrófila densa do Parque Estadual Carlos Botelho/SP-Brasil**. 2005. 184 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

DOMINGUES, E.N.; SILVA, D.A. Geomorfologia do Parque Estadual de Carlos Botelho (SP). **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 42, p. 71-105, 1988.

FAEGRI, K.; IVERSEN, J. **Textbook of pollen analysis**. 4. ed. Chichester: John Wiley, 1989.

FARQUHAR, G.D.; EHLERINGER, J.R.; HUBIK, K.T. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 40, p. 503-537, 1989.

FELICETTI, A.E. **Aplicação de sensoriamento remoto multiespectral na detecção de diferentes coberturas vegetais na região do Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC) – SP**. 2001. 76 f. Monografia – Faculdade de Biologia, Universidade de Santo Amaro, São Paulo.

FERNANDES, R.S.; DE OLIVEIRA, P.E.; GARCIA, M.J.; MELO, M.S. Evolução paleoclimática e paleoecológica da Floresta de *Araucaria* durante o último ciclo glacial na cidade de Ponta Grossa-PR. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 9., 2003, Recife. **Resumos...** São Paulo: ABEQUA, 2003. 1 CD-ROM.

FERREIRA, F.J.F. **Interpretação de dados aeromagnéticos e geológicos: configuração e evolução tectônica do Arco de Ponta Grossa**. 1982. 169 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982a.

FERREIRA, F.J.F. Alinhamentos estruturais-magnéticos da região centro-oriental da bacia do Paraná e seu significado tectônico. In: PAULI-PETRO. **Geologia da Bacia do Paraná: reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos**. São Paulo: CESP-IPT, 1982b. p. 143-166. (Publicação Especial, 12).

FERREIRA, T.O.; OTERO, X.L.; VIDAL-TORRADO, P.; MACIAS, F. Effects of bioturbation by root and crab activity on iron and sulfur biogeochemistry in mangrove substrate. **Geoderma**, Amsterdam, v. 142, p. 36-46, 2007.

FLORIN, M.-B. Late-glacial diatoms of Kirchner Marsh. **Nova Hedwigia**, Weinheim, v. 31, p. 667-756, 1970.

FREITAS, H.A.; PESSEDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; GOUVEIA, S.E.M.; RIBEIRO, A.S.; BOULET, R. Late Quaternary vegetation dynamics in the Southern Amazon Basin inferred from carbon isotopes in soil organic matter. **Quaternary Research**, San Diego, v. 55, p. 39-46, 2001.

FÜRSTENBERGER, C.B. **Interpretações paleolimnológicas do Quaternário recente a partir da análise da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyta) no sedimento do rio Icatu, município de Xique-Xique, estado da Bahia, Brasil**. 2001. 130 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

GARCIA, R.J.F. **Estudo florístico dos campos alto-montanos e matas nebulares do Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Curucutu, São Paulo, SP, Brasil**. 2003. 356 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

GARCIA, M.J.; DE OLIVEIRA, P.E.; SIQUEIRA, E.; FERNANDES, R.S. A Holocene vegetational and climatic record from the Atlantic rainforest belt of coastal State of São Paulo, SE Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 131, p. 181-199, 2004.

GARCIA-RODRIGUEZ, F.; METZELTIN, D.; SPRECHMANN, P.; TRETTIN, R.; STAMS, G.; BELTRAN-MORALES, L.F. Upper Pleistocene and Holocene paleosalinity and trophic state changes in relation to sea level variation in Rocha Lagoon, southern Uruguay. **Journal of Paleolimnology**, Dordrecht, v. 32, p. 117-135, 2004.

GASSE, F.; STREET, F.A. Late Quaternary lake-level fluctuations and environments of the northern rift valley and Afar region (Ethiopia and Djibouti). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 24, p. 279-325, 1978.

GOH, K.M.; MOLLOY, P.J. Radiocarbon dating of paleosols using soil organic matter components. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 29, p. 567-573, 1976.

GOMES, B.M. **Estudo paleoambiental no estado de Rondônia utilizando datação por ^{14}C e razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ da matéria orgânica do solo**. 1995. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

GOMES, F.H. **Gênese e classificação de solos sob vegetação de restinga na Ilha do Cardoso – SP**. 2005. 107 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

GOUVEIA, S.E.M. **Isótopos do carbono na avaliação do remonte biológico de Latossolos e Podzólicos e de eventos paleoclimáticos em distintas localidades do Brasil**. 2001. 116 f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

GOUVEIA, S.E.M.; PESSEDA, L.C.R. Datação da fração humina da matéria orgânica do solo e sua comparação com idades ^{14}C de carvões fósseis. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 6, p. 810-814, 1999.

GOUVEIA, S.E.M.; PESSEDA, L.C.R. Datation par le ^{14}C de charbons inclus dans le sol pour l'étude du rôle de la remontée biologique de matière et du colluvionnement dans la formation de latosols de l'état de São Paulo, Brésil. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série IIA**, Paris, v. 330, n. 2, p. 133-138, 2000.

GOUVEIA, S.E.M.; PESSEDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; BOULET, R.; ROVERATTI, R.; GOMES, B.M. Dinâmica de vegetações durante o Quaternário recente no sul no Amazonas, indicada pelos isótopos do carbono (^{12}C , ^{13}C , ^{14}C) do solo. **Geochimica Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, p. 355-367, 1997.

GOUVEIA, S.E.M.; PESSEDA, L.C.R.; BOULET, R.; ARAVENA, R.; SCHEEL-YBERT, R. Isótopos do carbono dos carvões e da matéria orgânica do solo em estudos de mudança de vegetação e clima no Quaternário e da taxa de formação de solos do estado de São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 71, n. 4, p. 969-980, 1999.

GOUVEIA, S.E.M.; PESSEDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; BOULET, R.; SCHEEL-YBERT, R.; BENDASSOLLI, J.A.; RIBEIRO, A.S.; FREITAS, H.A. Carbon isotopes in charcoal and soils in studies of paleovegetation and climate changes during the late Pleistocene and the Holocene in the southeast and centerwest regions of Brazil. **Global and Planetary Change**, Amsterdam, v. 33, p. 95-106, 2002.

GRINDROD, J.; MOSS, P.; van der KAARS, S. Late Quaternary Mangrove Pollen Records from Continental Shelf and Ocean Cores in the North Australian-Indonesian Region. In: KERSHAW, P.; DAVID, B.; TAPPER, N.; PENNY, D.; BROWN, J. (Ed.). **Bridging Wallace's Line: The environmental and cultural history and dynamics of the SE-Asian-Australian Region**. Reiskirchen: Catena Verlag GMBH, 2002. p. 119-146. (Advances in GeoEcology, 34).

HAWORTH, E.Y. Two late-glacial (late Devensian) diatom assemblage profiles from northern Scotland. **New Phytologist**, London, v. 77, p. 227-256, 1976.

HEUSSER, C.J. **Pollen and spores of Chile**. Tucson: University of Arizona Press, 1971. 167 p.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul: ecologia, composição e importância econômica**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1972. 466 p.

HUTTUNEN, P.; MERILAINEN, J. Interpretation of lake quality from contemporary diatom assemblages. **Hydrobiology**, Sofia, v. 103, p. 91-97, 1983.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Análise de risco sísmico do Estado de São Paulo**. Estabelecimento de medidas de proteção comunitária. São Paulo, 1989. (Relatório IPT, 20.573).

IVANAUSKAS, N.M.; MONTEIRO, R.; RODRIGUES, R.R. Similaridade florística entre áreas de floresta Atlântica no estado de São Paulo. **Brazilian Journal of Ecology**, Rio Claro, v. 1/2, p. 71-81, 2000.

JOLY, A.B. **Gêneros de algas de água doce da cidade de São Paulo e arredores**. São Paulo: Instituto de Botânica, 1963.

JOLY, A.B. **Conheça a vegetação brasileira**. São Paulo: EDUSP, 1970. 181 p.

JOLY, A.B. **Botânica: Introdução à taxonomia vegetal**. 12. ed. São Paulo: Biblioteca Universitária, Companhia Editora Nacional, 1998. 777 p.

KARMANN, I.; NETO, C.M.D.; WEBER, W. Caracterização litológica e estrutural das rochas metassedimentares do conjunto insular Cardoso, sul do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de**

Geociências, São Paulo, v. 29, p. 157-162, 1999.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**; relações solo/planta. São Paulo: Ceres, 1979.

LEDRU, M.-P. Late Quaternary environmental and climatic changes in central Brazil. **Quaternary Research**, San Diego, v. 39, p. 90-98, 1993.

LEDRU, M.-P. Late Quaternary history and evolution of the cerrados as revealed by palynological records. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. (Ed.). **The cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savannah**. New York: Columbia University Press, 2002.

LEDRU, M.-P.; BRAGA, P.I.S.; SOUBIÈS, F.; FOURNIER, M.; MARTIN, L.; SUGUIO, K.; TURCQ, B. The last 50,000 years in the Neotropics (Southern Brazil) evolution of vegetation and climate. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 123, p. 239-257, 1996.

LEDRU, M.-P.; SALGADO-LABORIAU, M.L.; LORSCHREITER, M.L. Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10,000 yr B.P. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 99, p. 131-142, 1998a.

LEDRU, M.-P.; BERTAUX, J.; SIFEDDINE, A. Absence of last glacial maximum records in lowland tropical forests. **Quaternary Research**, San Diego, v. 49, p. 233-237, 1998b.

LIBBY, W.F. **Radiocarbon dating**. 2. ed. Chicago: University of Chicago Press, 1955. 175 p.

MACBETH DIVISION OF KOLLOMORGIN CORPORATION. **Munsell soil colour charts**. Baltimore, 1995.

MANTOVANI, W. A vegetação sobre a restinga em Caraguatatuba, SP. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSENCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1992. v. 4, p. 139-144.

MANTOVANI, W. Dinâmica da floresta pluvial atlântica. In: SIMPOSIO DE ECOSISTEMAS BRASILEIROS, 4., 1998, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia, 1998. v. 2, p. 1-20.

MANTOVANI, W. A região litorânea paulista. In: WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA SERRA DO MAR E FORMAÇÕES FLORESTAIS LITORÂNEAS, 2000, São Sebastião. **Anais...** São Paulo: SMA, 2000. p. 23-31.

MARKGRAF, V.; D'ANTONI, H.L. **Pollen flora of Argentina**. Tucson: University of Arizona Press, 1978.

MARTEL, Y.A.; PAUL, E.A. The use of radiocarbon of organic matter in the study of soil genesis. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 38, p. 501-506, 1974.

MARTIN, L.; SUGUIO, K. The state of São Paulo coastal Marine Geology – “The ancient strand lines”. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 47, p. 249-263, 1975. Suplemento.

MARTIN, L.; SUGUIO, K. Excursion route along the coastline between the town of Cananéia (State of São Paulo) and Guaratiba outlet (State of Rio de Janeiro). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM

ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, 1978, São Paulo. São Paulo: Instituto de Geociências SBG, 1978. p 1-97. (Special Publication, 2).

MARTIN, L.; FLEXOR, J.M. Vibrotestemunhador leve: construção, utilização e possibilidades. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 2., 1989, Rio de Janeiro. São Paulo: ABEQUA, 1989. (Publicação Especial, 1).

MARTIN, L.; BERTAUX, J.; CORRÈGE, T.; LEDRU, M.-P.; MOURGUIART, P.; SIFEDDINE, A.; SOUBIÈS, F.; WIRRMANN, D.; SUGUIO, K.; TURQ, B. Astronomical forcing of contrasting rainfall changes in tropical South America between 12,400 and 8800 cal years B.P. **Quaternary Research**, San Diego, v. 47, p. 117-122, 1997.

MEDEANIC, S.; STEVAUX, J.C. Dados palinológicos e partículas de carvões: avaliação de impacto antrópico na região do alto Rio Paraná durante o Holoceno. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 9., 2003, Recife. **Resumos...** São Paulo: ABEQUA, 2003. 1 CD-ROM.

MEDEIROS, V.B. **Origem dos campos de altitude da Serra do Mar: uma investigação paleoambiental no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Curucutu, São Paulo, Brasil.** 2006. Monografia – Universidade de Guarulhos.

MELLO, M.R.F.; MANTOVANI, W. Composição florística e estrutura de trecho de mata atlântica de encosta, na Ilha do Cardoso (Cananéia, SP, Brasil). **Boletim do Instituto de Botânica**, São Paulo, v. 9, p. 107-158, 1994.

MEYERS, P.A. Preservation of source identification of sedimentary organic matter during and after deposition. **Chemical Geology**, Amsterdam, v. 144, n. 3-4, p. 289-302, 1994.

MEYERS, P.A. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic and paleoclimatic processes. **Organic Geochemistry**, Bristol, v. 27, n. 5-6, p. 213-250, 1997.

MEYERS, P.A. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. **Organic Geochemistry**, Bristol, v. 34, n. 2, p. 261-289, 2003.

MIOTO, J.A. **Mapa de risco sísmico do sudeste brasileiro.** São Paulo: IPT, 1984. (Série Monografias, 10).

MOFATTO, M. **Estudo multi/interdisciplinar de reconstrução da vegetação e clima do Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Curucutu, São Paulo, SP no Quaternário tardio.** 2005. 158 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MOREIRA-FILHO, H. Diatomáceas do trato digestivo da *Tegula Viridula* Gmelin. **Boletim da Universidade do Paraná**, Curitiba, v. 1, p. 1-24, 1960.

MORO, R.S.; FÜRSTENBERGER, C.B. **Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não-marinhas.** Ponta Grossa: Editora UEPG, 1997. 282 p.

MORO, R.S.; BICUDO, C.E.M.; MELO, M.S.; SCHMITT, J. Paleoclimate of the Pleistocene and Holocene at Lagoa Dourada, Paraná state, southern Brazil. **Quaternary International**, Amsterdam, v.

114, p. 87-99, 2004.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, p. 853-858, 2000.

NADELHOFER, K.J.; LORSCHREITER, M.L. Controls on natural nitrogen-15 and carbon-13 abundance in forest soil organic matter. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 52, p. 1633-1640, 1988.

NEGREIROS, O.C. **Características fitossociológicas de uma floresta latifoliolada pluviosa tropical visando ao manejo do palmito, *Euterpe edulis* Mart.** 1982. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.

NEVES, P.C.P.; LORSCHREITER, M.L. Upper Quaternary palaeoenvironments in the Northern Coastal Plain of Rio Grande do Sul, Brazil. In: RABASSA, J.; SALEMME, M. (Ed.). **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1994. v. 9, p. 39-67.

NEVES, P.C.P.; LORSCHREITER, M.L. Palinologia de sedimentos de uma mata tropical paludosa na Planície Costeira Sul do Rio Grande do Sul, Brasil. In: CONGRESSO DA ABEQUA, 6., 1997, Curitiba. **Resumos expandidos**. São Paulo: ABEQUA, 1997. p. 341-344.

O'LEARY, M.H. Carbon isotopes in photosynthesis. **Bioscience**, Washington, v. 38, p. 328-336, 1988.

PARIZZI, M.G.; SALGADO-LABORIAU, M.L.; KOHLER, H.C. Genesis and environmental history of Lagoa Santa, southeastern Brazil. **The Holocene**, Thousand Oaks, v. 8, n. 3, p. 311-321, 1998.

PATRICK, R.; REIMER, C.W. **The diatoms of the United States**. Philadelphia: Academy of Natural Sciences, 1966. v. 1, 668 p.

PATRICK, R.; REIMER, C.W. **The diatoms of the United States**. Philadelphia: Academy of Natural Sciences, 1975. v. 2, 213 p.

PESSENDA, L.C.R.; CAMARGO, P.B. Datação radiocarbônica de amostras de interesse arqueológico e geológico por espectrometria de cintilação líquida de baixa radiação de fundo. **Química Nova**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 98-103, 1991.

PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; MELFI, A.J.; TELLES, E.C.C.; BOULET, R.; VALENCIA, E.P.E.; TOMAZELLO, M. The use of carbon isotopes (C-13, C-14) in soil to evaluate vegetation changes during the Holocene in central Brazil. **Radiocarbon**, New Haven, v. 38, n. 2, p. 191-201, 1996a.

PESSENDA, L.C.R.; VALENCIA, E.P.E.; CAMARGO, P.B.; TELLES, E.C.C.; MARTINELLI, L.A.; CERRI, C.C.; ARAVENA, R.; ROZANSKI, K. Natural radiocarbon measurements in Brazilian soils developed on basic rocks. **Radiocarbon**, New Haven, v. 38, n. 2, p. 203-208, 1996b.

PESSENDA, L.C.R.; VALENCIA, E.P.E.; ARAVENA, R.; TELLES, E.C.C.; BOULET, R. Paleoclimate studies in Brazil using carbon isotopes in soils. In: WASSERMAN, J.C.; SILVA-FILHO, E.; VILLAS-BOAS, R. (Ed.). **Environmental geochemistry in the tropics**. Berlin: Springer-Verlag, 1998a. p. 7-16.

PESSENDA, L.C.R.; GOMES, B.M.; ARAVENA, R.; RIBEIRO, A.S.; BOULET, R.; GOUVEIA,

S.E.M. The carbon isotope record in soils along a forest-cerrado ecosystem transect: implications for vegetation changes in the Rondonia state, southwestern Brazilian Amazon region. **The Holocene**, Thousand Oaks, v. 8, n. 5, p. 631-635, 1998b.

PESSENDA, L.C.R.; GOUVEIA, S.E.M.; ARAVENA, R.; GOMES, B.M.; BOULET, R.; RIBEIRO, A.S. ^{14}C dating and stable carbon isotopes of soil organic matter in forest-savanna boundary areas in the southern Brazilian Amazon region. **Radiocarbon**, New Haven, v. 40, n. 2, p. 1013-1022, 1998c.

PESSENDA, L.C.R.; BOULET, R.; ARAVENA, R.; ROSOLEN, V.; GOUVEIA, S.E.M.; RIBEIRO, A.S.; LAMOTTE, M. Origin and dynamics of soil organic matter and vegetation changes during the Holocene in a forest-savanna transition zone, Brazilian Amazon region. **The Holocene**, Thousand Oaks, v. 11, n. 2, p. 250-254, 2001a.

PESSENDA, L.C.R.; GOUVEIA, S.E.M.; ARAVENA, R. Radiocarbon dating of total soil organic matter and humin fraction and its comparison with ^{14}C ages of fossil charcoal. **Radiocarbon**, New Haven, v. 43, n. 2B, p. 595-601, 2001b.

PESSENDA, L.C.R.; GOUVEIA, S.E.M.; ARAVENA, R.; BOULET, R.; VALENCIA, E.P.E. Holocene fire and vegetation changes in southeastern Brazil as deduced from fossil charcoal and soil carbon isotopes. **Quaternary International**, Amsterdam, v. 114, p. 35-43, 2004.

PETERSON, B.J.; HOWARTH, R.W. Sulfur, carbon and nitrogen isotopes used to trace organic matter flow in the salt marsh estuaries of Sapelo Island, Georgia. **Limnology and Oceanography**, Grafton, v. 32, p. 1195-1213, 1987.

PRESSINOTTI, P.C.; PRESSINOTTI, M.M.M. Contribuição à geologia dos arredores de Registro, SP. **Revista IG**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 5-24, 1980.

RICHARDSON, J.L.; RICHARDSON, A.E. History of an African rift lake and its climatic implications. **Ecological Monographs**, Durham, v. 42, p. 499-534, 1972.

ROUBIK, D.W.; MORENO, J.E.P. **Pollen and spores of Barro Colorado Island**. St. Louis: Missouri Botanical Garden, 1991. 268 p.

ROUND, F.E.; CRAWFORD, R.M.; MANN, D.G. **The diatoms: biology & morphology of the genera**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 747 p.

SAIA, S.E.M.G. **Reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) no Quaternário tardio com base em estudo multi/interdisciplinar no Vale do Ribeira (sul do estado de São Paulo)**. 2006. 119 f. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SAIA, S.E.M.G.; PESSENDA, L.C.R.; GOUVEIA, S.E.M.; ARAVENA, R.; BENDASSOLLI, J.A. Last glacial maximum (LGM) vegetation changes in the Atlantic Forest, southeastern Brazil. **Quaternary International**, Amsterdam, 2007. doi:10.1016/j.quaint.2007.06.029.

SALGADO-LABOURIAU, M.L. Pollen grains of plants of the “Cerrado” I. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 1, p. 119-130, 1961.

SALGADO-LABOURIAU, M.L. **Contribuição à palinologia dos cerrados**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1973. 273 p.

SALGADO-LABOURIAU, M.L. Reconstruccion de los ambientes através de los granos de polen. **Investigation y Ciencia**, Barcelona, v. 96, p. 6-17, 1984.

SALGADO-LABOURIAU, M.L. Late Quaternary palaeoclimate in the savannas of South America. **Journal of Quaternary Science**, Chichester, v. 12, n. 5, p. 371-379, 1997.

SALGADO-LABOURIAU, M.L.; CASSETI, V.; FERRAZ-VICENTINI, K.R.; MARTIN, L. Late Quaternary vegetational and climate changes in cerrado and palm swamp from Central Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 128, p. 215-226, 1997.

SALGADO-LABOURIAU, M.L.; BARBERI, M.; FERRAZ-VICENTINI, K.R.; PARIZZI, M.G. A dry climatic event during the late Quaternary of tropical Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 99, p. 115-129, 1998.

SAMPAIO, D. **Levantamento das espécies arbóreas de uma parcela permanente em floresta de restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, município de Cananéia/São Paulo**. 2003. 161 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente. **Planos de manejo das unidades de conservação: Parque Estadual da Ilha do Cardoso - Plano de Gestão Ambiental - fase 1**. São Paulo: SMA, 1998. v. 4, 164 p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezais brasileiros**. 1991. 42 f. Tese (Livre Docência) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995. 64 p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CITRON-MOLERO, G.; ADAIME, R.R.; CAMARGO, T.M.D. Variability of mangrove ecosystems along the brazilian coast. **Estuaries**, Solomons Island, v. 13, p. 204-218, 1990.

SCHARPENSEEL, H.W.; RONZANI, C.; PIETIG, F. Comparative age determinations on different humic-matter fractions. In: SYMPOSIUM ON THE USE OF ISOTOPES AND RADIATION IN SOIL ORGANIC MATTER STUDIES, 1968, Vienna. **Proceedings...** Vienna: IAEA, 1968. p. 67.

SCHEEL-YBERT, R. Vegetation stability in the Southeastern Brazilian coastal area from 5500 to 1400 ¹⁴c yr BP deduced from charcoal analysis. **Review of Paleobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 110, n. 1-2, p. 111-138, 2000.

SCHEEL-YBERT, R.; GOUVEIA, S.E.M.; PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; COUTINHO, L.M.; BOULET, R. Holocene palaeoenvironmental evolution in the São Paulo State (Brazil), based on anthracology and soil $\delta^{13}\text{C}$ analysis. **The Holocene**, Thousand Oaks, 13 (1): 73-81, 2003.

SERRA FILHO, R.; CAVALLI, A.C.; GUILLAUMON, J.R.; CHIARI, J.V.; NOGUEIRA, F.P.; IVANCO, C.M.A.M.; BARBIERI, J.L.; DONZELI, P.L.; COELHO, A.G.S.; BITTENCOURT, I. Levantamento da cobertura vegetal natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo. São Paulo, Instituto Florestal. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 11, p. 1-53, 1974.

SETZER, J. **Contribuição para o estudo do clima do estado de São Paulo**. São Paulo: Escolas

Profissionais Salesianas, 1946.

SILVA, S.M. **As formações vegetais da planície litorânea da Ilha do Mel, Paraná, Brasil: Composição florística e principais características estruturais**. 1998. 262 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

SILVA-CUNHA, M.G.G.; ESKINAZI-LEÇA, E. **Catálogo das diatomáceas (Bacillariophyceae) da plataforma continental de Pernambuco**. Recife: Ministério da Educação, Departamento de Oceanografia; Universidade Federal de Pernambuco, 1990. 318 p.

SLOMPO, C.T.J. Estudo palinológico dos sedimentos inconsolidados do mangue de Itacorumbi, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 45, p. 67-79, 1997.

SOUZA, L.A.P.; TESSLER, M.G.; GALLI, V.L. O Gráben de Cananéia. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 139-150, 1996.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005. 640 p.

STEVANUX, J.C. Climatic events during the late Pleistocene and Holocene in the upper Paraná River: correlation with NE Argentina and south-central Brazil. **Quaternary International**, Amsterdam, v. 72, p. 73-85, 2000.

STOUT, J.D.; GOH, K.M.; RAFTER, T.A. Chemistry and turnover of naturally occurring resistant organic compounds in soil. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. (Ed.). **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1981. p. 1-73.

SUGIYAMA, M. **Estudo de florestas na restinga da Ilha do Cardoso, Cananéia, SP**. 1993. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

SUGUIO, K.; TESSLER, M.G. Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.D.D.; CERQUEIRA, R. **Restingas**: origens, estruturas e processos. Niterói: CEUF, 1984. p. 15-26.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Geomorfologia das restingas. **ACIESP**, v. 71, n. 2, p. 185-205, 1990. Apresentado ao 2º Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Estrutura, Função e Manejo, 1990, Águas de Lindóia.

SUGUIO, K.; TESSLER, M.G. Depósitos quaternários da planície costeira de Cananéia-Iguape (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992, São Paulo. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1992. v. 1, p. 31.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Geologia do Quaternário. In: FALCONI, F.F.; NEGRO, A. (Ed.). **Solos do litoral de São Paulo**. São Paulo: ABMS, 1994. cap. 3, p. 69-97.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.-M.; AZEVEDO, A.E.G. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 56, p. 273-286, 1985.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais (passado + presente = futuro?)**.

São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999. 366 p.

SUGUIO, K.; ANGULO, R.J.; CARVALHO, A.M.; CORRÊA, I.C.S.; TOMAZELLI, L.J.; WILLWOCK, J.A.; VITAL, H. Paleoníveis do mar e paleolinhas de costa. In: SOUZA, C.R.G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A.M.S.; DE OLIVEIRA, P.E. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Editora Holos, 2005. p. 114-129.

TALBOT, M.R.; JOHANNESSEN, T.A. High resolution paleoclimatic record from the last 27,500 years in the tropical West África from the carbon and nitrogen isotopic composition of lacustrine organic matter. **Earth and Planetary Science Letters**, Amsterdam, v. 100, p. 23-37, 1992.

TATUMI, S.H.; KOWATA, E.A.; GOZZI, G.; KASSAB, L.R.P.; SUGUIO, K.; BARRETO, A.M.F.; BEZERRA, F.H.R. Optical dating results of beachrock, eolic dunes and sediments applied to sea-level changes study. **Journal of Luminescence**, Amsterdam, v. 102/103, p. 562-565, 2003.

TESSLER, M.G.; SOUZA, L.A.P. Dinâmica sedimentar e feições sedimentares identificadas na superfície de fundo do sistema Cananéia-Iguape, SP. **Revista Brasileira de Oceanografia**, São Paulo, v. 46, n. 1, p. 69-83, 1998.

THOMAZ, L.D.; MONTEIRO, R. Uma revisão da comunidade halófila-psamófila do litoral brasileiro. **Boletim Museu Mello-Leitão**, Santa Teresa, v. 1, p. 103-114, 1992.

TRAUTH, M.H.; STRECKER, M.R. Formation of landslide-dammed lakes during a wet period between 40,000 and 25,000 yr B.P. in northwestern Argentina. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 153, p. 277-287, 1999.

TRUMBORE, S.E. Applications of accelerator mass spectrometry to soil science. In: BOUTTON, T.W.; YAMASAKI, S.I. (Ed.). **Mass spectrometry of soils**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 311-340.

TURCQ, B.; PRESSINOTTI, M.M.N.; MARTIN, L. Paleohydrology and paleoclimate of the past 33,000 years at the Tamanduá River, central Brazil. **Quaternary Research**, San Diego, v. 47, p. 284-294, 1997.

UEHARA, R.S.; DULEBA, W.; PETRI, S.; MAHIQUES, M.M.; RODRIGUES, M. Micropaleontologia e sedimentologia aplicadas à análise paleoambiental: um estudo de caso em Cananéia, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 137-150, 2007.

VAN DER HAMMEN, T.; ABSY, M.L. Amazônia during the last glacial. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 109, p. 247-261, 1994.

VICENTINI, K.P.C.F. **Análise palinológica de uma vereda em Cromínia (GO)**. 1993. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 1993.

VIDOTTO, E. **Estudo da dinâmica do ecótono floresta-campo no sul do estado do Amazonas no Quaternário tardio, empregando os isótopos do carbono do solo e das plantas**. 2003. 101 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

VIDOTTO, E.; PESSEDA, L.C.R.; RIBEIRO, A.S.; FREITAS, H.F.; BENDASSOLLI, J.A.

Dinâmica do ecótono floresta-campo no sul do estado do Amazonas no Holoceno, através de estudos isotópicos e fitossociológicos. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 3, p. 385-400, 2007.

VILLWOCK, J.A. A costa brasileira: geologia e evolução. In: SIMPÓSIO DE ECOSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA: SUBSÍDIOS A UM GERENCIAMENTO AMBIENTAL, 3., 1993, Serra Negra. **Anais...** São Paulo: ACIESP, 1993. p. 1-15.

VOGEL, J.C. **Fractionation of the carbon isotopes during photosynthesis**. New York: Springer-Verlag, 1980. 29 p.

WEBER, W.; BASEI, M.A.S.; SIGA JR, O.; SATO, K. O magmatismo alcalino Neoproterozóico da Ilha do Cardoso, sudeste do estado de São Paulo. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, São Paulo, v. 1, p. 115-127, 2001.

WILSON, G.P.; LAMB, A.L.; LENG, M.J.; GONZALEZ, S.; HUDDART, H. Variability of organic $\delta^{13}\text{C}$ and C/N in the Mersey Estuary, U.K. and its implications for sea-level reconstruction studies. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, Amsterdam, v. 64, p. 685-698, 2005.

WIRRMANN, D.; MOURGUIART, P. Late Quaternary spatio-temporal limnological variations in the Altiplano of Bolivia and Peru. **Quaternary Research**, San Deigo, v. 43, p. 344-354, 1995.

YBERT, J.P.; BISSA, W.M.; CATHARINO, E.L.M.; KUTNER, M. Environmental and sea-level variations on the southeastern Brazilian coast during the late Holocene with comments on prehistoric human occupation. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 189, p. 11-24, 2003.

ANEXO 1

A.1 - Lista das espécies coletadas em um trecho de Floresta de Restinga no Parque Estadual da Ilha do Cardoso (Sampaio, 2003).

Anacardiaceae

Tapirira guianensis Aubl.

Annonaceae

Guatteria australis A. St.-Hil.

Rollinia sericea (R.E.Fr.) R.E.Fr.

Xylopiya langsdorfiana A. St.-Hil. & Tul.

Xylopiya brasiliensis Spreng.

Apocynaceae

Malouetia arborea (Vell.) Miers

Aquifoliaceae

Ilex amara (Vell.) Loes.

Ilex theezans Mart. Ex Reissek

Ilex pseudobuxus Reissek

Araliaceae

Didymopanax morototoni (Aubl.) Decne. & Planch.

Didmopanax augustissimum Marchal

Arecaceae

Astrocaryum aculeatissimum (Schott) Burret

Bactris setosa Mart.

Euterpe edulis Mart.

Geonoma schottiana Mart.

Syagrus romanzoffiana (Cham. In Choris) Glassman

Asteraceae

Piptocarpha oblonga (Gardner) Baker

Bignoniaceae

Jacaranda puberula Cham.

Tabebuia alba (Cham.) Sandwith

Tabebuia cassinoides (Lam.) DC.

Boraginaceae

Cordia superba Cham.

Cecropiaceae

Coussapoa microcarpa (Schott) Rizzini

Cecropia glaziovii Sneath

Celastraceae

Maytenus robusta Reissek

Chloranthaceae

Hedyosmum brasiliense Mart. ex. Miq.

Chrysobalanaceae

Hirtella hebeclada Moric. ex DC.

Clethraceae

Clethra scabra Pers.

Clusiaceae

Clusia criuva Cambess.

Calophyllum brasiliensis Cambess.

Garcinia gardneriana (Planch. & Triana) Zappi

Cunoniaceae

Weinmannia paulliniifolia Pohl

Elaeocarpaceae

Sloanea guianensis (Aubl.) Benth.

Erythroxylaceae

Erythroxylum amplifolium (Mart.) O.E. Schulz

Euphorbiaceae

Alchornea triplinervia (Spreng.) Müll. Arg.

Aparisthium cordatum (A. Juss.) Baill.

Croton macrobothryus Baill.

Pera glabrata (Schott) Poepp. ex Baill.

Maprounea guianensis Aubl.

Fabaceae

Andira anthelmia (Vell.) J.F. Macbr.

Hymenolobium janeirensis Kuhlm.

Ormosia arborea (Vell.) Harms

Humiriaceae

Humiriastrum dentatum (Casar.) Cuatrec.

Lauraceae

Aiouea saligna Meisn.

Aniba viridis Mez

Endlicheria paniculata (Spreng.) J.F. Macbr.

Nectandra gradiflora Nees & C. Mart. ex Nees

Nectandra oppositifolia Nees & Mart.

Ocotea aciphylla (Nees) Mez

Ocotea dispersa (Nees) Mez

Ocotea glaziovii Mez

Ocotea pulchella (Nees) Mez

Ocotea pulcra Vattimo

Ocotea venulosa Benth. & Hook.f.

Ocotea sp.

Persea pyrifolia (Don) Spreng.

Malpighiaceae

Byrsonima ligustrifolia A. Juss.

Melastomataceae

Miconia cubatanensis Hoehne

Miconia chartacea Triana

Miconia saldanhaei Cogn.

Tibouchina trichopoda (DC.) Baill.

Meliaceae

Cabralea canjerana (Vell.) Mart.

Guarea macrophylla Vahl

Mimosaceae

Abarema langsdorfii (Benth.) Barneby & J. W. Grimes
Abarema lusoria (Vell.) Barneby & J. W. Grimes
Balizia pedicellaris (DC.) Barneby & J. W. Grimes

Monimiaceae

Mollinedia schottiana (Spreng.) Perkins
Mollinedia boracensis Peixoto

Myrsinaceae

Cybianthus peruvianus (A. DC.) Miq.
Rapanea umbellate (Mart.) Mez
Rapanea ferruginea (Ruiz & Pav.) Mez
Rapanea guyanensis Aubl.
Rapanea venosa (A. DC.) Mez

Myrtaceae

Blepharocalyx salicifolius (H. B. K.) O. Berg
Calyptanthus concinna DC.
Eugenia noeglomerata Sobral
Eugenia stigmatica DC.
Eugenia sulcata Spring
Eugenia umbelliflora O. Berg
Gomidesia affinis (Cambess.) D. Legrand
Gomidesia fenzliana O. Berg
Gomideisa schaueriana O. Berg
Marlierea eugeniopsoies (D. Legrand & Kausel) D. Legrand
Marlierea racemosa (Vell.) Kiaersk.
Myrcia bicarinata (O. Berg) D. Legrand
Myrcia gradiflora (O. Berg) D. Legrand
Myrcia multiflora (Lam.) DC.
Myrcia racemosa (O. Berg) Kiaersk
Myrcia rostrata DC.
Myrcia glabra (O. Berg) D. Legrand
Myrcia insularis Gardner
Myrcia pubipetala Miq.
Myrcia sp
Myrceugenia myrcioides (Cambess.) O. Berg
Neomitranthes glomerata (D. Legrand) D. Legrand
Pimenta cf. *pseudocaryophyllis* (Gomes) Landrum
Psidium cattleianum Sabine
Siphoneugena guilfoyleiana C. Proença

Nyctaginaceae

Guapira opposita (Vell.) Reitz

Ochnaceae

Ouratea parviflora (DC.) Baill.

Olacaceae

Heisteria silvianii Schwacke
Ximena americana L.

Oleaceae

Chionanthus filimorfis (Vell.) P.S. Green

Podocarpaceae

Podocarpus sellowii Klotzsch

Rubiaceae

Alibertia myrcifolia (Spruce) K. Schum

Amaioua intermedia Mart.

Posoqueira latifolia (Ludge) Roem. & Schult.

Psychotria sp

Sapindaceae

Matayba guianensis Aubl.

Sapotaceae

Manilkara subsericea (Mart.) Dubard

Pouteria beaurepairei (Glaziou & Raunk.) Baehni

Ecclinusa ramiflora Mart.

Solanaceae

Solanum cinnamomeum Sendtn.

Styracaceae

Styrax glaber Sw.

Symplocaceae

Symplocos laxiflora Benth.

Theaceae

Laplacea fruticosa (Schrad) Kobuski

Ternstroemiaceae

Ternstroemia brasiliensis Cambess.

Thymelaeaceae

Daphnopsis racemosa Griseb.

A.2 - Lista das espécies coletadas em um trecho de Mata Atlântica de Encosta no Parque Estadual da Ilha do Cardoso (Mello & Mantovani, 1994).

Annonaceae

Rollinia sericea (R.E. Fr.) R.E. Fr.

Xylopia langsdorffiana M.R.F. Melo & J.A. Correa 858

Apocynaceae

Malouetia cestroides (Ness & Mart.) M. Arg.

Aquifoliaceae

Ilex dumosa Reissek

Ilex integerrima (Vell.) Reissek

Ilex theezans Mart. var. *grandifolia* Loes

Bignoniaceae

Tabebuia heptaphylla (Vell.) Toledo

Tabebuia serratifolia (Vahl.) Nicholson

Boraginaceae

Cordia sellowiana Cham.

Burseraceae

Protium kleinii Cuatr.

Canellaceae

Cinnamodendron aff. *dinissi* Schwacke

Cecropiaceae

Cecropia glazioui Snethl.

Coussapoa microcarpa (Schott) Rizzini

Pourouma guianensis Aubl.

Chrysobalanaceae

Couepia cf. *bondari* Prance

Hirtella hebeclada Morie.

Parinari excelsa Sabine

Cyatheaceae

Sphaeropteris sp.

Elaeocarpaceae

Sloanea guianensis (Aubl.) Benth.

Euphorbiaceae

Alchornea glandulosa Poepp.

Alchornea triplinervia (Spreng) M. Arg.

Croton macrobothrys Baill.

Hyeronima alchorneoides Fr. All.

Pousandra morisiana (Casar.) Radlk.

Sapium glandulatum (Vell.) Pax

Tetrorchidium rubrivenium Poepp.

Flacourtiaceae

Casearia obliqua Spreng.

Casearia sylvestris Sw.

Guttiferae

Reedia gardneriana Planch & Triana.

Humiriaceae

Vantanea compacta (Schnizl.) Cuatr.

Icacinaceae

Citronella paniculata (Mart.) Howard

Lacistemataceae

Lacistema pubescens Mart.

Lauraceae

Cryptocarya moschata Nees & Mart. Ex Nees

Endlicheria paniculata (Spreng) Macbr.

Licaria armeniaca (Nees) Koesterm.

Nectandra leucothyrsus Meissn.

Nectandra sp.

Ocotea laxa (Nees) Mez

Lecythidaceae

Cariniana estrellensis (Raddi) O. Ktze.

Cariniana sp.

Leguminosae

Acacia polyphylla DC.

Centrolobium robustum (Vell.) Mart. ex Benth.

Copaifera trapezifolia Hayne

Dahlstedtia pinnata (Benth.) Malme

Inga edulis Mart.

Machaerium nictitans (Vell.) Benth.

Machaerium scleroxylon Tul.

Myrocarpus frondosus Fr. Ali.

Myroxylon peruiferum L. f.

Ormosia arborea (Vell.) Harms

Platymiscium floribundum Vog.

Pseudopiptadenia warmingii (Benth.) Lewis & Lima

Pterocarpus rohrii Vahl.

Schizolobium parahyba (Vell.) Toledo

Swartzia macrostachya Benth

Zollernia ilicifolia (Brongn.) Vog.

Magnoliaceae

Talauma ovata A. St.-Hil.

Malpighiaceae

Barnebya dispar (Griseb.) W. Ander. & B. Gates

Melastomataceae

Leandra mosenii Cogn.

Miconia cabucu Hoehne

Miconia dodecandra Cogn.

Miconia pyrifolia Naud.

Miconia rigidiuscula Cogn.

Meliaceae

Cabreraea canjerana (Vell.) Mart. ssp. *canjerana*

Cedrela odorata L.

Guarea macrophylla Vahl. ssp. *tuberculata* (Vell.) Penn.
Guarea sp.
Trichilia elegans A. Juss. ssp. *richardiana* (A. Juss.) Penn.
Trichilia lepidota Mart. ssp. *schumanniana* (Harms) Penn.
Trichilia silvatica C. DC.

Monimiaceae

Mollinedia schottiana (Spreng.) Perkins
Mollinedia uleana Perkins

Moraceae

Brosimum Glazioui Taub.
Brosimum guianense (Aubl.) Huber
Ficus insipida Willd.
Ficus organensis (Miq.) Miq.
Ficus pulchella Schott
Sorocea bonplandii (Baill.) Burg., Lanj. & Boer

Myristicaceae

Virola gardneri (A. DC.) Warb.
Virola oleifera (Schott) A.C. Smith

Myrsinaceae

Ardisia catharinensis Mez
Rapanea ferruginea (R. & P.) Mez
Rapanea guyanensis Aubl.
Rapanea umbellata (Mart.) Mez

Myrtaceae

Calycorectes australis Legr. var. *australis*
Calyptranthes lanceolata Berg. var. *catharinensis* Legr.
Calyptranthes lucida Mart. ex DC.
Calyptranthes sp.
Campomanesia guaviroba (CD.) Kiaersk.
Eugenia beaurepaireana (Kiaersk.) Legr.
Eugenia cuprea (Berg.) Niedenzu
Eugenia cf. *flavescens* DC.
Eugenia moraviana Berg.
Eugenia oblongata Camb.
Eugenia cf. *silvestris* Berg
Eugenia cf. *subavenia* Berg
Eugenia sp1
Eugenia sp2
Gomidesia flagellaris Legr.
Gomidesia spectabilis (DC.) Berg
Marlierea antonia (Berg) Legr.
Marlierea obscura Berg
Marlierea cf. *polygama* Berg
Marlierea cf. *suaveolens* Camb.
Marlierea tomentosa Camb.
Myrceugenia miersiana (Gardn.) Legr. & Kaus.
Myrceugenia myrcioides (Camb.) Berg
Myrcia racemosa (Berg) Kiaersk.
Myrcia tenuivenosa Kiaersk.
Myrcia sp1
Myrcia sp2
Myrcia sp3
Neomitranthes glomerata Legr.

Nyctaginaceae

Guapira opposita (Vell.) Reitz

Ochnaceae

Ouratea parviflora (DC.) Baill.

Olacaceae

Heisteria silvianii Schwacke

Schoepfia brasiliensis DC.

Palmae (Arecaceae)

Astrocaryum aculeatissimum (Schott) Burret

Attalea cf. *dubia* (Mart.) Burret

Bactris setosa Mart.

Euterpe edulis Mart.

Geonoma gamiova B. Rodr.

Piperaceae

Piper aduncum L.

Proteaceae

Roupala montaria Aubl.

Roupala paulensis Sleumer

Quiinaceae

Quiina glaiiovii Engler

Rubiaceae

Alibertia myrcifolia (Spruce ex Schumann)

Alseis floribunda Schott

Chomelia cf. *catharinae* (Smith & Downs) Steyerm.

Coussarea cf. *ilheotica* M. Arg.

Ixora cf. *burcheliana* M. Arg.

Psychotria mapoureoides DC.

Psychotria nuda (Cham. & Schlecht.)

Psychotria aff. *pubigera* Schlecht.

Psychotria suterella M. Arg.

Rudgea jasminoides (Cham.) M. Arg.

Rutaceae

Angostura odoratissima (Lindl.) Cowan & Smith

A.3 - Descrição do perfil do solo (RIC) coletado na Floresta de Restinga no PEIC. Classificado e caracterizado morfológicamente pelo Dr. Felipe Haenel Gomes no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ/USP.

a) Descrição Geral

DATA: 19/04/2005

CLASSIFICAÇÃO: Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico dúrico

CLASSIFICAÇÃO AMERICANA: Duric Alaquod..

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: 10 metros no sentido leste, da subparcela A14 da parcela do projeto “Diversidade, Dinâmica e Conservação em Florestas do Estado de São Paulo: 40ha de parcelas permanentes” do BIOTA, Ilha do Cardoso, Cananéia-SP.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em trincheira, em uma pequena elevação, correspondente a antiga crista praial, sob vegetação natural

ALTITUDE: 3 metros.

LITOLOGIA: Sedimentos arenosos holocênicos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos arenosos holocênicos.

PERÍODO: Holoceno.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Sedimentos arenosos holocênicos

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso

ROCHOSIDADE: Não rochoso

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Plano e suave ondulado com escarpas da Serra do Mar.

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta hidrófila de restinga

USO ATUAL: Reserva da vegetação nativa

CLIMA: Af

DESCRITO E COLETADO POR: Felipe H. Gomes.

b) Descrição morfológica

- A 0-15cm, bruno-acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmido) e cinzento-escuro (10YR 4/1); arenosa; grãos simples; solta; não plástico e não pegajoso; transição plana e clara; raízes abundantes.
- AE 15-25cm, cinzento-brunado-claro (10 YR 5/1, úmido) e cinzento claro (10YR 7/1, seco); arenosa; grãos simples; solta; não plástico e não pegajoso, transição plana e gradual; raízes comuns.
- E1 25-40cm, cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, úmido) e cinzento-claro (10YR 7/1, seco); arenosa; grãos simples; solta; não plástico e não pegajoso, transição plana e difusa; poucas raízes.
- E2 40-62cm, cinzento (10YR 6/1, úmido) e cinzento-claro (10YR 7/1, seco); arenosa; grãos simples; solta; não plástico e não pegajoso, transição ondulada e abrupta; raízes raras.
- Bhsm1 62-73cm preto (10 YR 2/1, úmido) e bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, seco); arenosa; maciça, fortemente cimentado; não plástico e não pegajoso, transição ondulada e clara.
- Bhs2 73-85cm, preto (10 YR 2/1, úmido) e bruno-acinzentado-escuro (10YR 3/2, seco); arenosa; maciça, fracamente cimentado; não plástico e não pegajoso, transição plana e clara.
- Bhs3 85-115cm, bruno-amarelado-escuro, (10YR 4/4) e bruno (10YR 5/3); arenosa; grãos simples; não plástico e não pegajoso; transição plana e gradual.
- Bs1 115-190+cm, bruno-amarelado-escuro, (10 YR 4/4) e bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/6, seco); arenosa; grãos simples; solta; não plástico e não pegajoso.

A.4 - Descrição do perfil do solo (TMC) coletado na Floresta de Encosta no PEIC. O solo foi classificado como **Cambissolo Háplico Distrófico**, e caracterizado morfológicamente por Raphael Moreira Beirigo no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas - ESALQ/USP.

Descrição morfológica

- A 0-5cm, bruno-amarelado (10 YR 5/4, seco), bruno-escuro (10 YR 3/3, úmido); argila; forte composta grande prismática grande/médio e pequenos blocos subangulares; firme, dura, plástica, pegajosa.
- AB 5-20cm, bruno-amarelado-claro (10 YR 6/4, seco), bruno-amarelado-escuro (10 YR 3/6, úmido); muito argilosa, forte composta grande prismática grande/médio e pequenos blocos subangulares; firme, dura a muito dura, firme; muito plástica, muito pegajosa.
- B1 70-120cm, amarelo-brunado (10 YR 6/6, seco), amarelo-avermelhado (7,5 YR 5/6, úmido); muito argilosa; forte composta grande prismática grande/médio e pequenos blocos subangulares; firme, dura a muito dura; muito plástica, muito pegajosa.
- B2 120-170cm, amarelo (10 YR 7/6, seco), bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/6, úmido); muito argilosa; forte/moderada composta média prismática e grande/média/pequena em blocos subangulares; friável, dura a muito dura; muito plástica, muito pegajosa.
- C 170-240⁺cm, amarelo-avermelhado (7,5 YR 6/6, seco), bruno-avermelhado (5 YR 5/4, úmido); muito argilosa; moderada composta média prismática e média/pequena em blocos subangulares; friável, dura a muito dura; muito plástica, muito pegajosa.

A.5 - Teor de argila dos solos coletados no PEIC em relação à profundidade.

Profundidade (cm)	Argila (%)		
	TI	TMC	RIC
0-10	24	56	6
10-20	20	-	-
20-30	20	65	6
30-40	33	-	-
40-50	31	67	8
50-60	27	-	-
60-70	29	67	12
70-80	41	-	-
80-90	35	69	12
90-100	29	-	-
100-110	29	69	14
110-120	33	-	-
120-130	31	67	14
130-140	29	-	10
140-150	-	72	-
150-160	35	-	-
160-170	--	77	8
180-190	--	83	8
190-200	--	-	6
200-210	--	87	--
220-230	--	70	--
230-240	--	62	--

Classes de textura: até 14% arenosa; 15 a 24% médio-arenosa; 25 a 34% médio-argilosa; 35 a 59% argilosa; 60% ou superior muito argilosa.

- amostra não analisada

-- amostra não coletada

A.6 - Variação do teor de carbono orgânico total dos solos coletados no PEIC em relação à profundidade.

Profundidade (cm)	Carbono orgânico total (%)		
	TI	TMC	RIC
Liteira	33,1	-	42,9
0-10	3,2	2,3	1,6
10-20	1,6	--	--
20-30	1,0	0,8	0,26
30-40	0,9	--	--
40-50	0,7	0,6	0,12
50-60	0,4	--	--
60-70	0,5	0,7	2,6
70-80	0,6	--	--
80-90	0,4	0,5	2,0
90-100	0,5	--	--
100-110	0,2	0,5	1,0
110-120	0,1	--	--
120-130	0,1	0,5	0,5
130-140	-	-	-
140-150	0,1	0,4	0,4
150-160	0,1	--	--
160-170	-	0,4	0,3
170-180	-	--	--
180-190	-	0,4	0,3
190-200	-	--	0,2
200-210	-	0,4	-
210-220	-	--	-
220-230	-	0,4	-
230-240	-	0,4	-

- amostra não coletada.

-- amostra não analisada.

A.7 - Variação do $\delta^{13}\text{C}$ dos solos coletados no PEIC em relação à profundidade.

Profundidade (cm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)		
	TI	TMC	RIC
Liteira	-28,9	-	-31,1
0-10	-27,4	-26,7	-29,6
10-20	-26,2	--	--
20-30	-25,8	-25,7	-28,3
30-40	-25,9	--	--
40-50	-25,6	-25,5	-28,8
50-60	-25,1	--	--
60-70	-25,4	-25,6	-27,8
70-80	-25,2	--	--
80-90	-25,3	-25,4	-27,0
90-100	-25,5	--	--
100-110	-25,4	-25,3	-26,0
110-120	-25,7	--	--
120-130	-25,0	-25,4	-24,4
130-140	-	--	--
140-150	-26,0	-25,3	-24,3
150-160	-25,9	--	--
160-170	-	-25,4	-24,7
170-180	-	--	--
180-190	-	-25,3	-24,9
190-200	-	--	-25,3
200-210	-	-25,2	-
210-220	-	--	-
220-230	-	-25,2	-
230-240	-	-25,3	-

- amostra não coletada.

-- amostra não analisada.

A.8 - Teor de argila dos solos coletados no PECB em relação à profundidade.

Profundidade (cm)	Argila (%)				
	CB1	CB2	TOR	FAZ	TURVI
0-10	35	37	45	38	50
20-30	32	39	49	40	54
40-50	34	41	47	42	54
60-70	28	37	31	40	54
80-90	22	35	18	36	52
100-110	16	33	18	34	55
120-130	12	39	27	44	54
140-150	10	43	16	42	54
160-170	-	45	16	38	54
180-190	-	45	16	42	52
200-210	-	45	16	40	49
220-230	-	43	16	34	-
240-250	-	43	14	40	-
260-270	-	42	14	32	-
280-290	-	-	14	38	-
300-310	-	-	16	34	-
320-330	-	-	43	40	-
340-350	-	-	-	34	-
360-370	-	-	-	40	-
380-390	-	-	-	32	-

Classes de textura: até 14% arenosa; 15 a 24% médio-arenosa; 25 a 34% médio-argilosa; 35 a 59% argilosa.

- amostra não coletada

A.9 - Variação do teor de carbono orgânico total dos solos coletados no PECB em relação à profundidade.

Profundidade (cm)	Carbono orgânico total (%)				
	CB1	CB2	TOR	FAZ	TURVI
Liteira	39,79	39,84	43,46	41,17	43,46
0-10	5,52	3,71	6,14	3,33	4,06
20-30	1,14	1,24	0,80	1,67	2,33
40-50	0,65	0,82	0,73	1,40	1,74
60-70	0,49	0,64	0,43	1,08	1,18
80-90	0,46	0,59	0,09	0,74	1,29
100-110	0,36	0,44	0,11	0,34	1,47
120-130	0,34	0,57	0,12	0,33	1,59
140-150	0,42	0,61	0,09	0,19	2,00
160-170	-	0,56	0,09	0,14	1,50
180-190	-	0,57	0,09	0,17	1,32
200-210	-	0,61	0,12	0,22	1,10
220-230	-	0,66	0,12	0,15	-0,79
240-250	-	0,72	0,11	0,16	-
260-270	-	0,87	0,10	0,11	-
280-290	-	-	0,12	0,10	-
300-310	-	-	0,09	0,12	-
320-330	-	-	0,06	0,08	-
340-350	-	-	-	0,07	-
360-370	-	-	-	0,08	-
380-390	-	-	-	0,05	-

- amostra não coletada.

A.10 - Variação do $\delta^{13}\text{C}$ dos solos coletados no PECB em relação à profundidade.

Profundidade (cm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)				
	CB1	CB2	TOR	FAZ	TURVI
Liteira	-29,8	-30,8	-31,1	-31,9	-32,3
0-10	-28,8	-28,2	-30,8	-26,7	-27,6
20-30	-26,9	-26,5	-26,6	-25,9	-26,7
40-50	-26,3	-25,8	-25,9	-24,8	-26,4
60-70	-25,8	-25,6	-26,2	-22,3	-26,1
80-90	-26,1	-25,4	-25,1	-23,5	-26,0
100-110	-26,2	-25,3	-25,3	-22,5	-25,8
120-130	-26,3	-25,5	-25,0	-22,1	-25,6
140-150	-26,9	-25,7	-25,0	-21,0	-25,4
160-170	-	-25,7	-23,5	-20,9	-25,2
180-190	-	-25,7	-23,4	-21,7	-25,2
200-210	-	-25,9	-22,2	-22,5	-25,0
220-230	-	-26,2	-21,3	-21,5	-24,6
240-250	-	-26,4	-22,3	-22,3	-
260-270	-	-26,7	-22,2	-21,8	-
280-290	-	-	-21,2	-22,0	-
300-310	-	-	-21,9	-22,7	-
320-330	-	-	-21,7	-22,1	-
340-350	-	-	-	-21,5	-
360-370	-	-	-	-22,3	-
380-390	-	-	-	-22,9	-

- amostra não coletada.

A.11 - Valores de COT, nitrogênio, C/N, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ das amostras do perfil MSG em relação à profundidade.

Profundidade (cm)	C (%)	N (%)	C/N	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
0-2	0,7	0,08	8,7	-25,0	3,3
2-4	0,8	0,05	16,0	-25,2	6,1
4-6	0,6	0,05	12,0	-25,6	5,2
6-8	3,6	0,3	12,0	-25,9	3,8
8-10	5,7	0,08	71,2	-25,6	4,9
10-12	0,8	0,4	2,0	-26,3	1,7
12-14	1,4	0,09	15,5	-25,7	4,9
14-16	2,3	0,09	25,5	-25,5	6,3
16-18	2,3	0,1	23,0	-25,3	2,5
18-20	1,0	0,1	10,0	-25,5	3,2
20-22	0,4	0,07	5,7	-25,1	5,0
22-24	0,7	0,03	23,3	-24,4	3,7
24-26	0,5	0,06	8,3	-24,8	4,9
26-28	0,6	0,04	15,0	-24,1	7,1
28-30	0,8	0,05	16,0	-23,9	4,7
30-32	0,3	0,07	4,3	-24,1	4,8
32-34	0,5	0,02	25	-23,9	3,8
34-36	0,6	0,04	15,0	-24,0	4,8
36-38	0,7	0,05	14,0	-24,4	5,3
38-40	0,5	0,05	10,0	-24,4	6,3
40-42	0,7	0,04	17,5	-24,1	7,3
42-44	0,6	0,05	12,0	-24,9	4,4
44-46	0,6	0,04	15,0	-24,4	5,8
46-48	0,4	0,04	10,0	-24,5	5,1
48-50	0,4	0,03	13,3	-25,2	5,8
50-52	0,6	0,03	20	-24,5	3,8
52-54	1,1	0,04	27,5	-24,6	5,9
54-56	1,1	0,07	15,7	-24,4	3,7
56-58	1,1	0,06	18,3	-24,5	5,4
58-60	0,7	0,06	11,7	-24,6	4,1
60-62	1,0	0,06	16,7	-24,2	4,0
62-64	1,6	0,07	22,8	-24,2	5,3
64-66	1,4	0,1	14,0	-24,4	4,1
66-68	0,9	0,1	9,0	-24,8	4,0
68-70	1,0	0,06	16,6	-25,5	6,2
70-72	0,7	0,08	8,7	-25,2	6,8
72-74	0,3	0,06	5	-25,3	5,8
74-76	0,8	0,02	40	-26,0	4,4
76-78	1,6	0,07	22,8	-24,0	4,6
78-80	0,4	0,1	4,0	-24,1	4,2
80-82	1,8	0,02	90,0	-24,4	8,7
82-84	2,8	0,05	56,0	-25,8	3,6
84-86	0,9	0,06	15,0	-26,3	3,4
86-88	2,3	0,03	76,7	-25,6	8,4
88-90	2,6	0,08	32,5	-26,5	1,6
90-92	3,1	0,04	77,5	-26,7	5,6
92-94	2,7	0,08	33,7	-27,2	2,7
94-96	1,7	0,06	28,3	-27,0	3,1
96-98	0,4	0,05	8,0	-26,8	8,3
98-100	0,5	0,02	25	-25,6	2,6
100-102	1,1	0,02	55	-26,1	2,2

A.11 (continuação) - Valores de COT, nitrogênio, C/N, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ das amostras do perfil MSG em relação à profundidade.

Profundidade (cm)	C (%)	N (%)	C/N	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$
102-104	0,5	0,02	80	-26,2	1,6
104-106	0,8	0,01	80,0	-26,1	6,0
106-108	0,8	0,02	40,0	-26,7	3,5
108-110	0,5	0,01	50,0	-26,3	2,8
110-112	0,7	0,01	70,0	-26,4	6,2
112-114	0,8	0,01	80	-26,5	0,8
114-116	0,9	0,01	90,0	-26,4	6,0
116-118	0,9	0,01	90	-26,6	1,1
118-120	0,9	0,02	45,0	-26,6	1,4
120-122	0,9	0,02	45	-26,5	1,4
122-124	0,6	0,02	30	-26,6	1,3
124-126	0,7	0,01	70	-26,6	0,8
126-128	1,3	0,01	130	-26,7	1,0
128-130	0,8	0,04	20,0	-26,0	2,5
130-132	2,4	0,04	60	-27,3	0,9
132-134	3,3	0,06	55,0	-27,1	0,8
134-136	4,5	0,07	64,3	-27,7	1,5
136-138	6,6	0,10	66,0	-28,4	1,3
138-140	7,2	0,1	72,0	-28,0	0,9
140-142	9,6	0,2	48,0	-28,1	0,8
142-144	19,4	0,2	97,0	-28,3	1,9
144-146	9,6	0,4	24,0	-28,8	0,3
146-148	10,1	0,3	33,7	-28,2	2,0
148-150	21,6	0,2	108,0	-28,4	1,9
150-152	27,7	0,5	55,4	-29,3	1,6
152-154	12,3	0,6	20,5	-29,5	0,2
154-156	2,1	0,3	7,0	-28,9	2,2
156-158	3,1	0,2	15,5	-28,4	3,0
158-160	6,5	0,07	92,9	-28,3	2,0
160-162	9,2	0,1	92,0	-28,4	2,1
162-164	14,1	0,2	70,5	-28,4	1,6
164-166	17,4	0,3	58,0	-29,3	2,4
166-168	20,8	0,3	69,3	-27,9	2,2
168-170	25,1	0,3	83,7	-28,6	3,1
170-172	23,5	0,4	58,8	-28,5	3,6
172-174	29,0	0,3	96,7	-28,7	3,6
174-176	40,2	0,4	100,5	-28,7	3,7
176-178	42,3	0,4	105,8	-29,3	3,4
178-180	42,9	0,4	107,3	-29,8	4,3
180-182	38,6	0,5	77,2	-29,8	4,3
182-184	22,2	0,5	44,4	-29,9	4,2
184-186	10,8	0,4	27,0	-29,3	4,4
186-188	12,5	0,2	62,5	-28,5	4,5
188-190	7,8	0,2	39,0	-28,7	3,6
190-192	4,8	-	-	-28,8	-
192-194	3,4	0,2	17,0	-28,8	3,8
194-196	2,6	0,09	28,9	-28,2	3,4

A.12 - Valores de COT, nitrogênio, C/N, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ das amostras do perfil JAC em relação à profundidade.

Profundidade (cm)	C (%)	N (%)	C/N	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
0-2	6,3	0,4	15,7	-26,3	2,5
6-8	5,1	0,4	12,7	-26,1	2,4
12-14	4,8	0,4	12,0	-29,2	2,5
18-20	4,2	0,3	14,0	-26,2	2,8
20-22	3,4	0,3	11,3	-26,1	3,2
24-26	4,2	0,3	14,0	-26,3	2,7
30-32	5,3	0,3	17,7	-26,2	3,0
36-38	3,4	0,2	17,0	-25,9	1,7
40-42	3,3	0,2	16,5	-26,0	3,5
44-46	1,9	0,1	19,0	-26,1	3,0
50-52	2,9	0,2	14,5	-26,1	3,4
56-58	1,3	0,1	13,0	-26,1	3,2
60-62	0,9	0,1	9,0	-26,3	3,2
66-68	0,9	0,1	9,0	-26,0	3,2
70-72	0,8	0,05	16,0	-26,0	3,5
76-78	0,8	0,1	8,0	-25,4	3,2
80-82	0,5	0,04	12,5	-25,7	3,4
86-88	0,9	0,1	9,0	-25,8	3,1
90-92	0,8	0,05	16,0	-25,6	3,3
96-98	0,8	0,1	8,0	-25,7	3,1
100-102	2,9	0,2	14,5	-25,5	2,9
106-108	3,1	0,2	15,5	-25,3	3,0
110-112	0,4	0,02	20,2	-25,2	2,8
116-118	0,3	0,02	15,0	-25,6	3,0
120-122	0,4	0,02	20,0	-25,7	2,6
126-128	0,3	0,02	15,0	-25,7	2,5
130-132	0,4	0,03	13,3	-25,8	2,9
136-138	0,4	0,02	20,0	-25,7	3,0
140-142	1,5	0,1	15,0	-25,7	3,4
146-148	0,3	0,02	15,0	-25,7	2,9
150-152	0,2	0,02	10,0	-25,8	2,5
156-158	0,2	0,01	20,2	-25,7	1,9
160-162	0,2	0,02	10,0	-25,5	2,3
166-168	0,1	0,01	10,0	-25,1	2,2
170-172	0,2	0,01	20,0	-25,5	2,0
176-178	0,1	0,01	10,0	-25,4	1,9
180-182	0,2	0,01	20,0	-25,6	2,0
186-188	0,2	0,01	20,0	-25,6	1,2
190-192	0,1	0,01	10,0	-25,4	2,7
196-198	0,1	0,01	10,0	-25,4	2,1
200-202	0,1	0,01	10,0	-25,0	1,0
206-208	0,1	0,01	10,0	-25,0	1,5
212-214	0,2	0,02	10,0	-25,6	2,0
216-218	0,1	0,01	10,0	-25,3	1,5
220-222	0,1	0,01	10,0	-24,9	1,3

A.13 - Lista dos táxons encontrados na análise palinológica realizada nas amostras do mangue Sítio Grande.

Pteridofitas

Cyatheaceae

Cyathea sp1

Cyathea sp 2

Dicksoniaceae

Dicksonia sp

Dryopteridaceae

Cystopteris sp

Hymenophilaceae

Hymenophilaceae Tipo 1

Lophosoriaceae

Lophosoria sp

Polypodiaceae

Polypodium Tipo 1

Polypodium Tipo 2

Pteridaceae

Jamesonia sp

Selaginellaceae

Selaginella sp

Thelypteridaceae

Thelypteris sp

Gimnospermas

Podocarpaceae

Podocarpus sp

Angiospermas

Acanthaceae

Hygrophila sp

Amaranthaceae

Amaranthaceae Tipo 1

Anacardiaceae

Anacardiaceae Tipo 1

Apiaceae

Eryngium sp

Apocynaceae

Apocynaceae Tipo 1

Aquifoliaceae

Ilex sp

Araliaceae

Didymopanax sp

Hydrocotyle sp

Arecaceae

Euterpe sp

Asteraceae

Asteraceae Tipo 1

Asteraceae Tipo 2

Asteraceae Tipo 3

Asteraceae Tipo 4

Begoniaceae

Begonia sp

Bignoniaceae

Arrabidea sp

Bignoniaceae Tipo 1

Cydista sp

Jacaranda sp

Tabebuia sp

Burseraceae

Protium sp

Chloranthaceae

Hedyosmum brasilense Mart. ex. Miq.

Cunoniaceae

Weinmannia sp

Cyperaceae

Cyperaceae Tipo 1

Ericaceae

Ericaceae Tipo 1

Euphorbiaceae

Alchornea sp

Euphorbiaceae Tipo *Croton*

Sapium sp

Sebastiania sp

Fabaceae

Bauhinia sp

Fabaceae Tipo 1

Mimosa sp

Senna sp

Lamiaceae

Vitex sp

Lythraceae

Cuphea sp

Malpighiaceae

Byrsonima sp*Hiraea* sp

Malpighiaceae Tipo 1

Tetrapteris sp

Malvaceae

Luehea sp

Malvaceae Tipo 1

Pseudobombax sp

Melastomataceae

Melastomataceae/Combretaceae Tipo 1

Miconia sp

Meliaceae

Cabralea canjerana (Vell.) Mart.*Cedrela* sp

Myrsinaceae

Rapanea sp

Myrtaceae

Myrtaceae Tipo 1

Nyctaginaceae

Guapira sp

Onagraceae

Ludwigia sp1*Ludwigia* sp2

Phyllanthaceae

Phyllanthus sp

Piperaceae

Piper sp

Poaceae

Poaceae Tipo 1

Poaceae Tipo 2

Polygalaceae

Polygala sp

Pontederiaceae

Pontederia sp

Proteaceae

Euplassa sp*Roupala* sp

Rubiaceae

Alibertia sp*Borreria* sp*Coussarea* sp

Rubiaceae Tipo 1

Salicaceae

Casearia sp

Sapindaceae

Sapindaceae Tipo 1

Sapotaceae

Chrysophyllum sp

Manilkara sp

Solanaceae

Solanaceae Tipo 1

Solanum sp

Symplocaceae

Symplocos sp

Theaceae

Laplacea sp

Vochysiaceae

Vochysia sp

Winteraceae

Drimys brasiliensis Miers

A.14 - Lista dos táxons de diatomáceas encontrados na análise realizada nos registros dos mangues Sítio Grande (MSG) e Jacariu (JAC).

	MSG	JAC
Achnanthaceae		
<i>Achnanthes brevipes</i> C. Agardh	x	x
<i>Achnanthes hungarica</i> Grönöw	x	x
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Brebisson) Grönöw in Cleve and Grönöw	x	x
<i>Cocconeis disculus</i> Schumann	x	x
<i>Cocconeis fluviatilis</i> Wallace var. <i>fluviatilis</i>	x	x
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	x	x
Actinodisceae		
<i>Actinoptychus aster</i> Brun	x	x
<i>Actinoptychus campanulifer</i> A. Schmidt	x	x
<i>Actinoptychus splendens</i> (Shadbolt) Ralfs	x	x
<i>Actinoptychus undulatus</i> (Bailey) Ralfs	x	x
<i>Actinoptychus vulgaris</i> Schumann	x	x
<i>Actinoptychus</i> sp1	-	x
<i>Actinoptychus</i> sp2	x	x
<i>Actinoptychus</i> sp3	x	x
<i>Actinoptychus</i> sp4	x	x
Anaulaceae		
<i>Terpsinoë americana</i> (Bailey) Ralfs	x	x
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	x	-
Biddulphiaceae		
<i>Biddulphia rhombus</i> (Ehrenberg) W. Smith	x	x
<i>Cerataulus smithii</i> Ralfs	x	x
<i>Triceratium alternans</i> Bailey	x	x
<i>Triceratium favus</i> Ehrenberg	x	x
Coscinodisceaceae		
<i>Coscinodiscus brasiliensis</i> Muller Melchers	x	x
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg	x	x
<i>Coscinodiscus maginatus</i> Ehrenberg	x	x
<i>Coscinodiscus oculusiridis</i> Ehrenberg	x	x
<i>Coscinodiscus</i> sp1	x	x
<i>Coscinodiscus</i> sp2	x	x
<i>Coscinodiscus</i> sp3	x	x
<i>Coscinodiscus</i> sp4	x	x
<i>Coscinodiscus</i> sp5	x	x
<i>Coscinodiscus</i> sp6	x	x
<i>Coscinodiscus</i> sp7	x	x
<i>Cyclotella styllorum</i> Brightwell	x	x
<i>Cyclotella striata</i> (Kützing) Grönöw	x	x
<i>Paralia sulcata</i> Ehrenberg	x	x
Cymbellaceae		
<i>Amphora angusta</i> Gregory	x	x
<i>Amphora normanii</i> Rabenhorst var. <i>normanii</i>	x	x
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing var. <i>ovalis</i>	x	x
<i>Cymbella affinis</i> Kützing var. <i>affinis</i>	x	x
Diatomaceae		
<i>Opephora marina</i> (Gregory) Petit	-	x
<i>Opephora olsenii</i>	x	x

	MSG	JAC
Epithemiaceae		
<i>Rhopalodia musculus</i> (Kützing) O. Muller	x	x
Eunotiaceae		
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg var. <i>undulata</i> Huted	x	-
Eupodiscaceae		
<i>Actinocyclus ehrenbergi</i> Ralfs	x	x
<i>Auliscus caelatus</i> Bailey	x	-
<i>Eupodiscus radiatus</i> Bailey	x	x
Fragilariaceae		
<i>Cymatosira adaroi</i> Azpeitia	x	x
<i>Cymatosira</i> sp1	x	x
<i>Raphoneis amphicerus</i> Ehrenberg	x	x
<i>Raphoneis castracanei</i> Grünow	x	x
<i>Thalassionema nitzchioides</i> Grünow	x	x
Naviculaceae		
<i>Caloneis bivittata</i> (Pantocsek) Cleve	x	x
<i>Diploneis gruendlerii</i> (A. Schmidt) Cleve	x	x
<i>Diploneis interrupta</i> (Kützing) Cleve	x	x
<i>Diploneis parma</i> Cleve	x	x
<i>Diploneis smithii</i> (Brebisson) Cleve	x	x
<i>Diploneis</i> sp1	x	x
<i>Frustulia interposita</i> (Lewis) De Toni	-	x
<i>Gyrosigma strigile</i> (W. Smith) Griffith et Henfrey	x	x
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	x	x
<i>Navicula radiosa</i> Kützing var. <i>radiosa</i>	x	x
<i>Navicula</i> sp1	x	x
<i>Navicula</i> sp2	-	x
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	x	x
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg var. <i>viridis</i>	x	x
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg var. <i>fallax</i>	x	x
<i>Pinnularia</i> sp	-	x
Nitzchiaceae		
<i>Nitzchia coarctata</i> Grünow	x	x
<i>Nitzchia compressa</i> (J.W. Bailey) Boyer	x	x
<i>Nitzchia granulata</i> Grünow	x	x
<i>Nitzchia navicularis</i> Brebisson	-	x
<i>Nitzchia punctata</i> (Smith) Grünow	x	x
<i>Nitzchia</i> sp1	x	x
Surirellaceae		
<i>Surirella recedens</i> A. Schmidt.	x	x
<i>Surirella rorata</i> J. Frenguelli	x	x
Thalassiosiraceae		
<i>Cymatotheca weissflogii</i> (Grünow) Hendley	x	x
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve	x	x
<i>Thalassiosira nanolineata</i> (Mann) Fryxell	x	x
<i>Thalassiosira</i> sp1	x	x
<i>Thalassiosira</i> sp2	x	x
<i>Thalassiosira</i> sp3	x	x
<i>Thalassiosira</i> sp4	-	x

ANEXO 2

Descrição dos grãos de pólen e esporos

PRANCHA I

Cyatheaceae

Cyathea Tipo 1 (1)

Esporo trilete, heteropolar, simetria radial, esclerina psilada, laesura fina, com leve marca a sua volta, estendendo-se da borda à face proximal, parede com engrossamento nos pólos, amb triangular, dimensões 35-50 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Cyathea Tipo 2 (2)

Esporo trilete, heteropolar, simetria radial, esclerina verrucada, laesura fina, com leve marca à sua volta, estendendo-se da borda até a face proximal, amb semi-triangular, dimensões 36 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Dryopteridaceae

Cystopteris sp (3)

Esporo monolete, esclerina densamente equinada, laesura visível (Medeiros, 2006).

Polypodiaceae

Polypodium Tipo 1 (4a,b)

Esporo monolete, esclerina psilada, laesura visível, com aproximadamente $\frac{3}{4}$ do tamanho total, dimensões 40 x 30 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Polypodium Tipo 2 (5)

Esporo monolete, esclerina verrucada, laesura visível, com aproximadamente $\frac{3}{4}$ do tamanho total, dimensões 55 x 35 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Pteridaceae

Jamesonia sp (6)

Esporo trilete, heteropolar, simetria radial, esclerina psilada, laesura fina, reta e estreita, com marca à sua volta, estendendo-se da borda à face proximal, parede grossa com protuberâncias nos ângulos, amb triangular, dimensões 35 μ m (Medeiros, 2006).

Selaginellaceae

Selaginella sp (7)

Espero trilete, heteropolar, simetria radial, esclerina psilada, laesura fina, estendendo-se da borda até a face proximal, amb subtriangular, dimensões 32 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Podocarpaceae

Podocarpus sp (8a,b,c)

Grão de pólen vesiculado, bissacado, com sacos aéreos reticulados, simetria bilateral, heteropolar, exina tectada, sexina levemente escabrada, corpo circular, dimensões do corpo 25 x 35 μ m, dimensões do grão ca. 50 μ m (Colinvaux et al, 1999).

PRANCHA II

Acanthaceae

Hygrophila sp (1a,b)

Mônade, simetria radial, exina semitectada, sexina reticulada, heterocolpado, colpos longos, amb circular, dimensões 34 μ m (Roubik & Moreno, 1991).

Amaranthaceae

Amaranthaceae Tipo 1 (2a,b)

Mônade, assimétrico, exina tectada, sexina granulada, periporado, amb circular, diâmetro 18 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Anacardiaceae

Anacardiaceae Tipo 1 (3a,b,c)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina estriada, tricolporado, amb circular, diâmetro 18 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Apiaceae

Eryngium sp (4a,b,c)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina micro-reticulada, tricolporado, amb circular, dimensões 31 x 14 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Hydrocotyle sp (5a,b)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina psilada, tricolporado, amb circular, dimensões 32 x 15 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Aquifoliaceae

Ilex sp (6a,b)

Mônade, simetria radial, exina intectada, sexina baculada, tricolporado, poros lalongados, colpos longos, amb circular, dimensões 30 x 25 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Araliaceae

Didymopanax sp (7a,b)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina reticulada, tricolporado, poros lalongados, colpos curtos e finos, amb triangular, dimensões 30 x 25 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Asteraceae

Asteraceae Tipo 1 (8a,b)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina equinada, tricolporado, amb circular, diâmetro ~15 μ m (Roubik & Moreno, 1991).

Asteraceae Tipo 2 (9a,b)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina equinada, tricolporado, amb circular, diâmetro ~25 μ m (Roubik & Moreno, 1991).

Asteraceae Tipo 3 (10a,b)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina equinada com fenestras, tricolporado, amb circular, diâmetro 35 μ m (Roubik & Moreno, 1991).

PRANCHA III

Bignoniaceae

Bignoniaceae Tipo 1 (1a,b)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina reticulada, tricolporado, amb circular, diâmetro 25 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Jacaranda sp (2a,b)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina escabrada, tricolporado, colpos longos, amb circular, diâmetro 25 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Tabebuia sp (3a,b)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina reticulada, tricolporado, colpos longos, amb circular, dimensões 40 x 30 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Burseraceae

Protium sp (4a,b,c)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina psilada, tricolporado, poros lalongados, colpos longos, amb circular, dimensões 23 x 18 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Chloranthaceae

Hedyosmum brasiliense (5a,b)

Mônade, assimétrico, exina intectada, sexina clavada, inaperturado, amb circular, 41 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Cunoniaceae

Weinmannia sp (6a,b,c)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina levemente reticulada, poros lalongados, colpos longos, amb circular, diâmetro 10 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Euphorbiaceae

Alchornea sp (7a,b,c)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina psilada, tricolporado, poros lalongados, colpos longos, com opérculos, amb circular, diâmetro 20 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Sapium sp (8a,b)

Mônade, simetria radial, simetria radial, exina intectada, sexina baculada, poros lalongados, colpos finos e longos, amb circular, dimensões 45 x 25 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Sebastiania sp (9a,b,c)

Mônade, simetria radial, exina intectada, sexina baculada, poros elípticos, colpos longos, amb circular, diâmetro 20 μ m (Colinvaux et al, 1999).

PRANCHA IV

Ericaceae

Ericaceae Tipo 1 (1a,b)

Tétrade tetrahedral. Grão individual simetria radial, exina tectada, sexina reticulada, tricolporado, poros lalongados, colpos curtos, com espessamento, amb circular, diâmetro 32 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Fabaceae (Cercideae)

Bauhinia sp (2)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina com gemas, tricolporado, amb circular, 80 μ m.

Fabaceae (Mimosoideae)

Mimosa sp (3)

Tétrade tetrahedral. Grão individual assimétrico, exina tectada, sexina psilada, triporado, poros circulares, amb circular, dimensões 10 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Malpighiaceae

Hiraea sp (4a,b)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina psilada, periporado (6 poros circulares), com ânulos, amb circular, diâmetro 30 μ m (Roubik & Moreno, 1991).

Malpighiaceae Tipo 1 (5a,b)

Mônade, assimétrico, exina tectada, sexina psilada, periporado (6 poros circulares), amb circular, diâmetro 30 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Melastomataceae/Combretaceae

Melastomataceae/Combretaceae Tipo 1 (6a,b)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina psilada, heterocolpado (3 colpos alternados com 3 pseudocolpos), poros inconspícuos, colpos longos, dimensões 17 x 11 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Miconia sp (7a,b)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina psilada, heterocolpado (3 colpos alternados com 3 pseudocolpos), poros inconspícuos, colpos longos, diâmetro 7,5 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Meliaceae

Cabranea canjerana (8a,b)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina psilada, tetracolporado, poros circulares, colpos curtos e estreitos, amb circular, diâmetro 30 μ m (Medeiros, 2006).

Myrsinaceae

Rapanea sp (9a,b)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina psilada, 4-colporado, poros lalongados, colpos longos, amb circular, diâmetro 17 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Myrtaceae

Myrtaceae Tipo 1 (10)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina levemente escabrada, sincolporado, amb triangular, dimensões 15 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Onagraceae

Ludwigia sp1 (11)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina levemente verrucada, tricolporado, poros circulares, com ânulos, colpos curtos e espessos, amb semi angular, dimensões 35 μ m (Roubik & Moreno, 1991).

Ludwigia sp 2 (12)

Tétrade, simetria radial, exina tectada, sexina levemente verrucada, tricolporado, poros circulares, com ânulos, colpos curtos e espessos, amb semi angular, dimensões 65 μ m (Roubik & Moreno, 1991).

PRANCHA V

Piperaceae

Piper sp (1a,b)

Mônade, simetria bilateral, exina tectada, sexina psilada, monocolpado, amb circular, dimensões 10 x 7 μ m (Roubik & Moreno, 1991).

Poaceae

Poaceae Tipo 1 (2)

Mônade, assimétrico, exina tectada, sexina psilada, monoporado, com ânulo, amb circular, diâmetro 34 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Proteaceae

Euplassa sp (3)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina reticulada, triporado, poros circulares, amb triangular, dimensão 22 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Roupala sp (4)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina reticulada, triporado, poros circulares, amb triangular, dimensão 17 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Rubiaceae

Alibertia sp (5a,b)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina reticulada, triporado, poros circulares, amb triangular com lados arredondados, dimensão 28 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Borreria sp (6a,b)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina reticulada, 6-7cólporos, poros inconspícuos, colpos curtos, amb circular, diâmetro 25 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Sapindaceae

Sapindaceae Tipo 1 (7)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina escabrada, sincolporado, dimensão 15 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Sapotaceae

Chrysophyllum sp (8a,b,c)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina psilada, tricolporado, poros lalongados, colpos curtos e finos, amb circular, dimensões 18 x 12 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Solanaceae

Solanun sp (9a,b,c)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina micro reticulada, tricolporado, poros lalongados, com uma estrutura que forma uma protuberância na linha equatorial, colpos curtos e finos, amb semi circular, dimensões 30 x 25 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Solanaceae Tipo 1 (10a,b)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina psilada, tricolporado, poros lalongados, com uma estrutura que forma uma protuberância na linha equatorial, colpos curtos e finos, amb circular, dimensões 15 x 12 μ m (Colinvaux et al, 1999).

PRANCHA VI

Symplocaceae

Symplocos sp (1)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina psilada, tricolporado, poros circulares e grandes, colpos inconspícuos, amb triangular, dimensão 20 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Theaceae

Laplacae sp (2a,b,c)

Mônade, simetria radial, exina intectada, sexina equinada-escabrada, triporado, poros circulares e inconspícuos, amb circular, diâmetro 32 μ m (Colinvaux et al, 1999).

Vochysiaceae

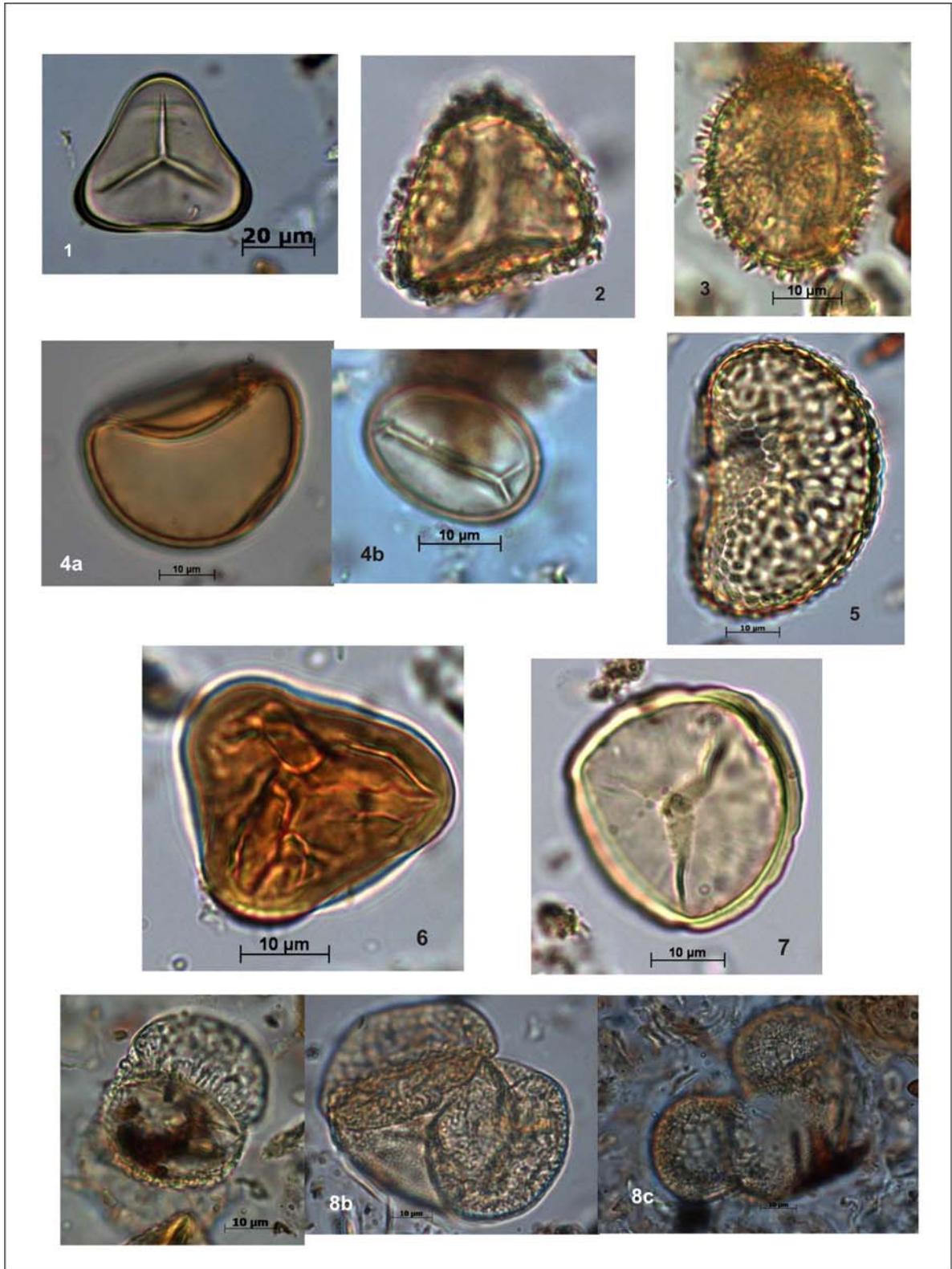
Vochysia sp (3a,b,c)

Mônade, simetria radial, exina tectada, sexina micro reticulada, tricolporado, poros lalongados, colpos longos e bem marcados, amb circular, dimensões 32 x 30 μ m (Colinvaux et al, 1999).

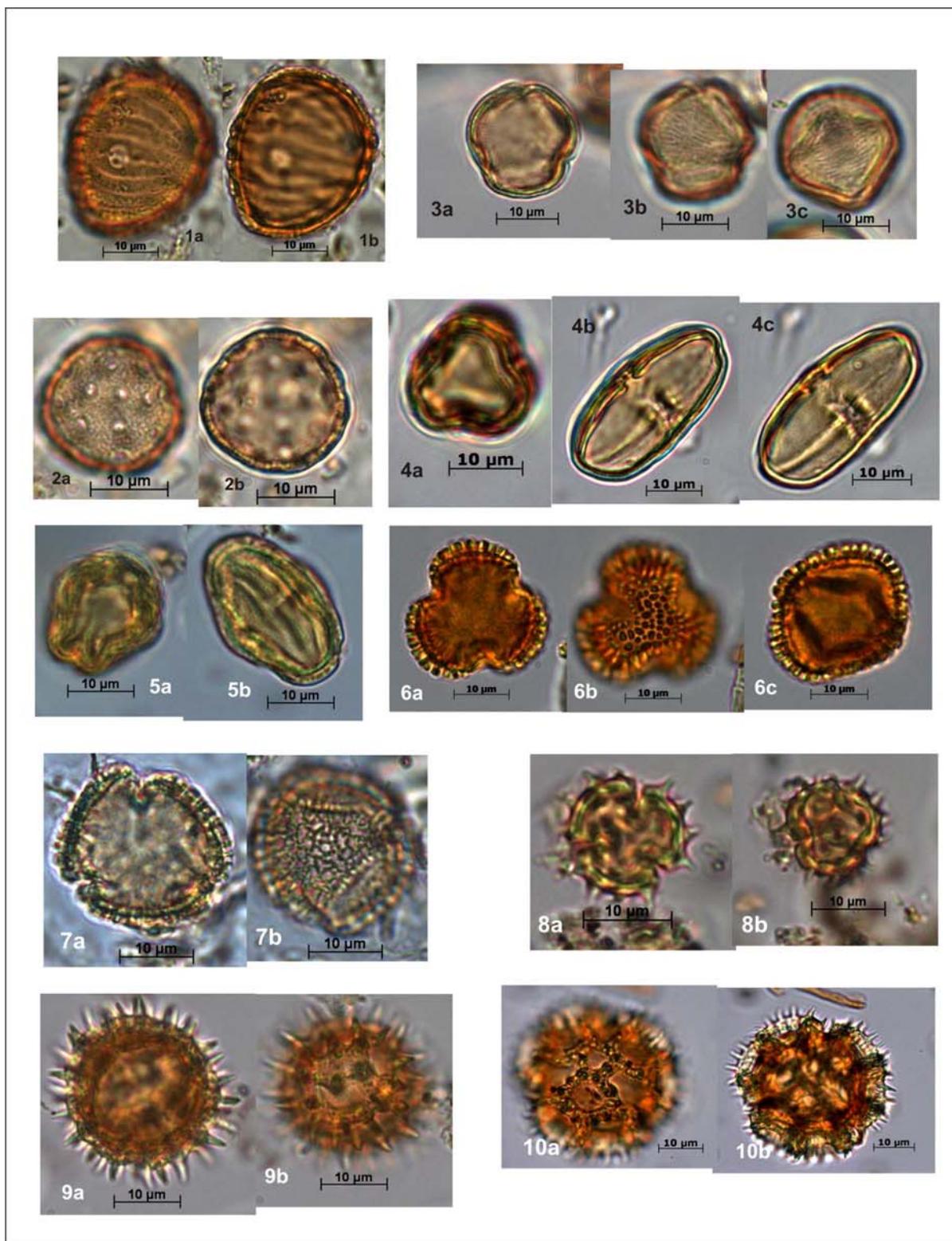
Winteraceae

Drimys brasiliensis (4a,b)

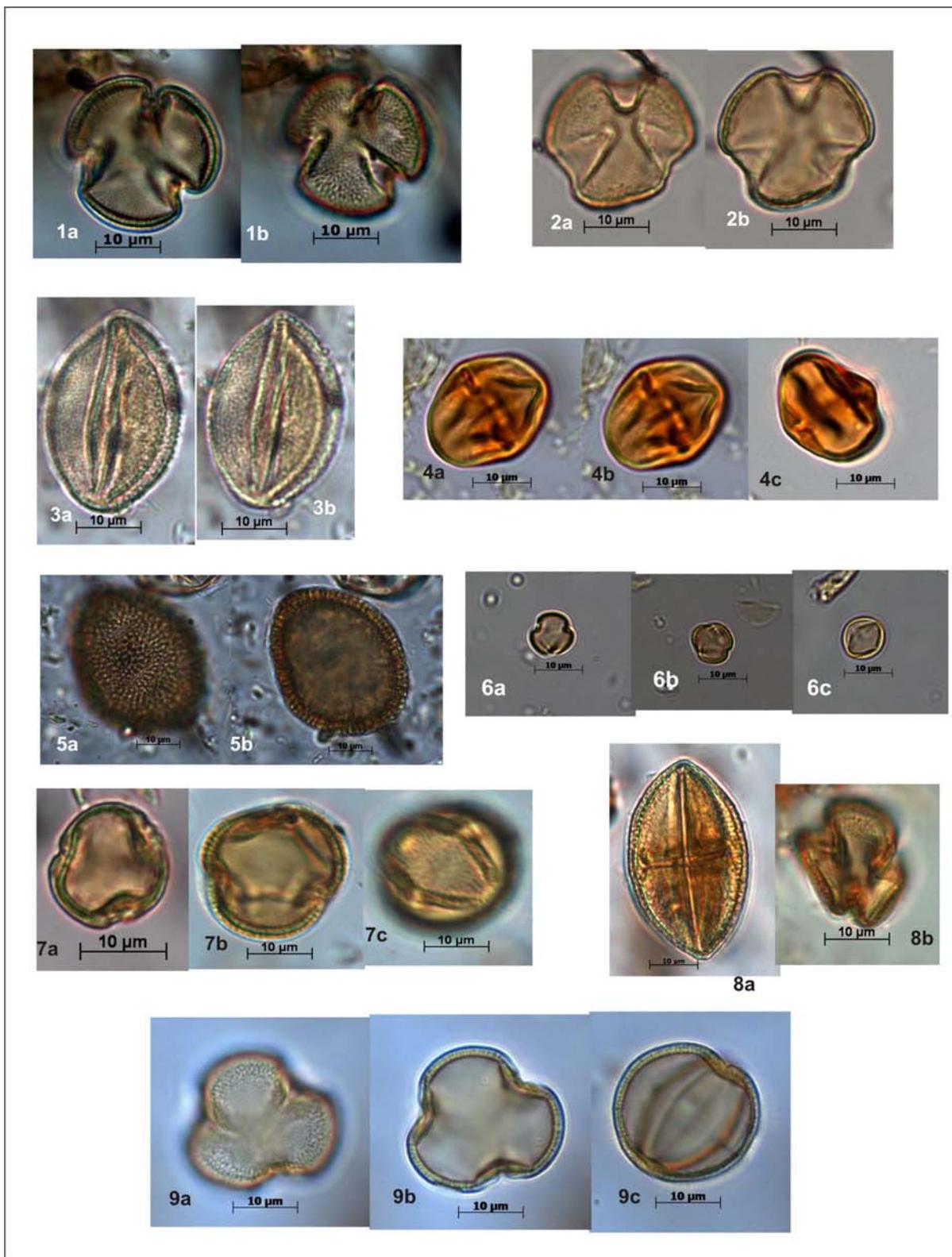
Tétrade tetrahedral, grão individual: simetria radial, exina intectada, sexina baculada, formando grandes retículos, tricolporado, poros lalongados, colpos longos, amb circular, diâmetro 40 μ m (Medeiros, 2006).



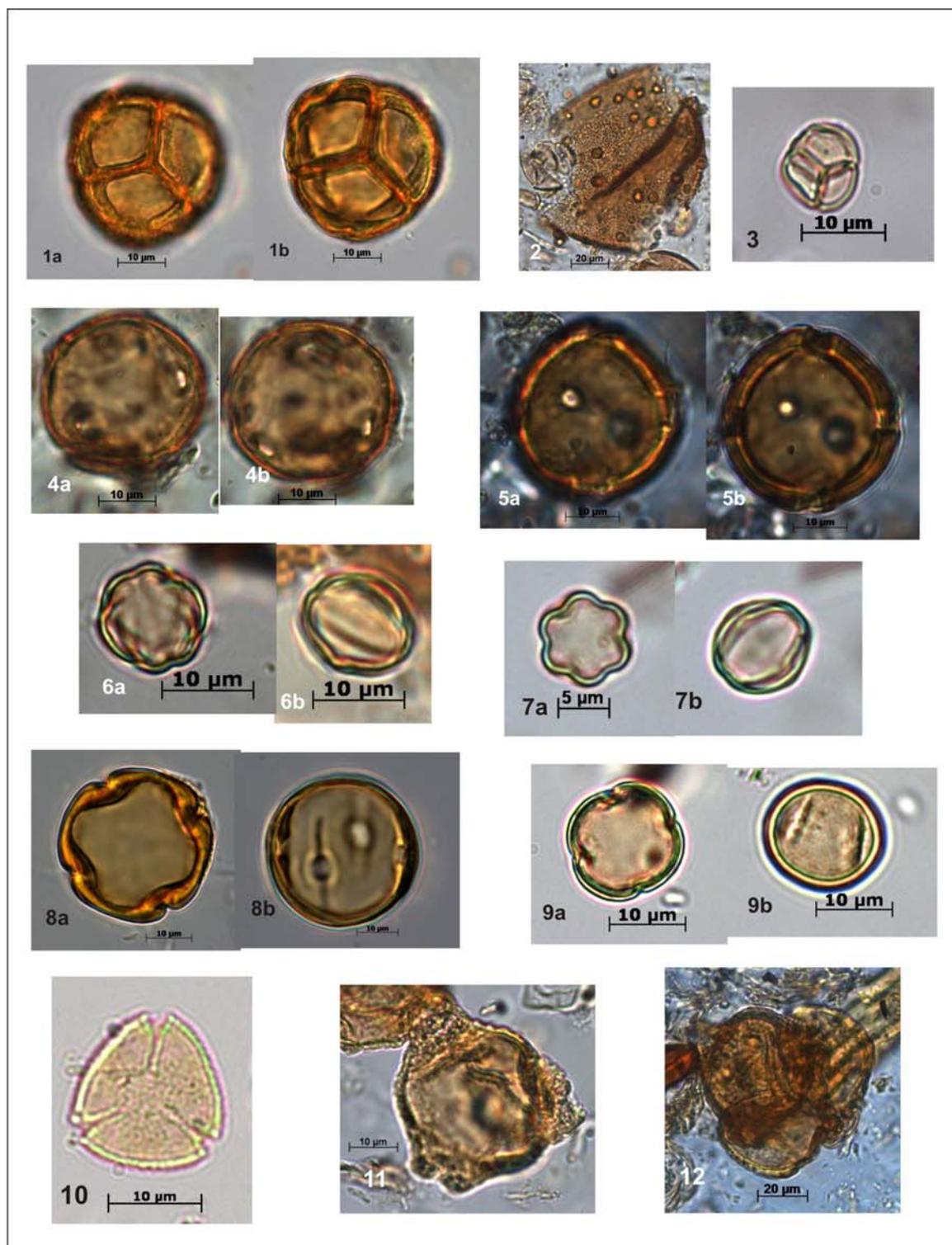
PRANCHA I: **Pteridophyta: Cyatheaceae:** *Cyathea* Tipo 1 (1); *Cyathea* Tipo 2 (2); **Dryopteridaceae:** *Cystopteris* sp (3); **Polypodiaceae:** *Polypodium* Tipo 1 (4a,b); *Polypodium* Tipo 2 (5); **Pteridaceae:** *Jamesonia* sp (6); **Selaginellaceae:** *Selaginella* sp (7); **Gymnospermae: Podocarpaceae:** *Podocarpus* sp (8a,b,c).



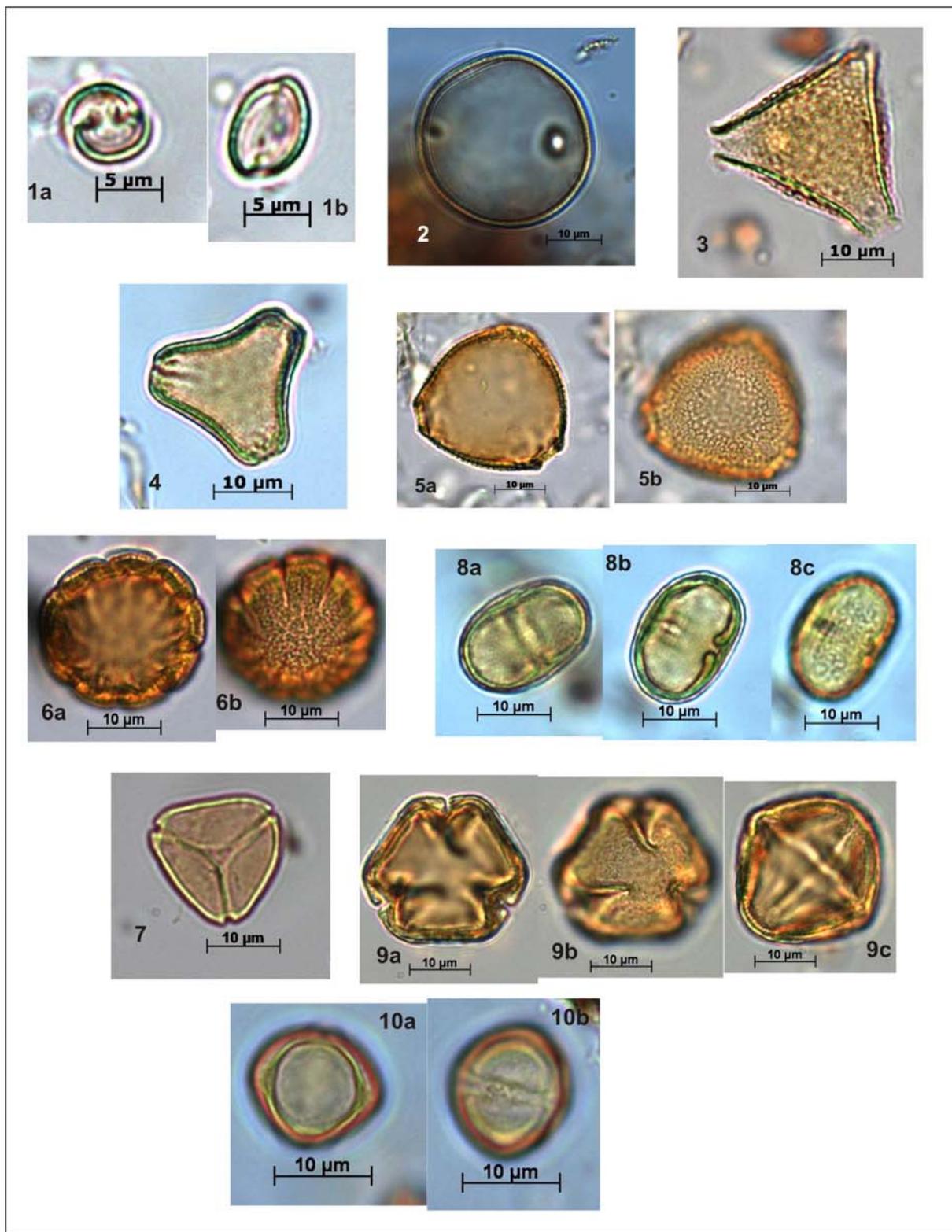
PRANCHA II: **Angiospermae: Acanthaceae:** *Hygrophila* sp (1a,b); **Amaranthaceae:** Amaranthaceae Tipo 1 (2a,b); **Anacardiaceae:** Anacardiaceae Tipo 1 (3a,b,c); **Apiaceae:** *Eryngium* sp (4a,b,c); *Hydrocotyle* sp (5a,b); **Aquifoliaceae:** *Ilex* sp (6a,b,c); **Araliaceae:** *Didymopanax* sp (7a,b); **Asteraceae:** Asteraceae Tipo 1 (8a,b); Asteraceae Tipo 2 (9a,b); Asteraceae Tipo 3 (10a,b).



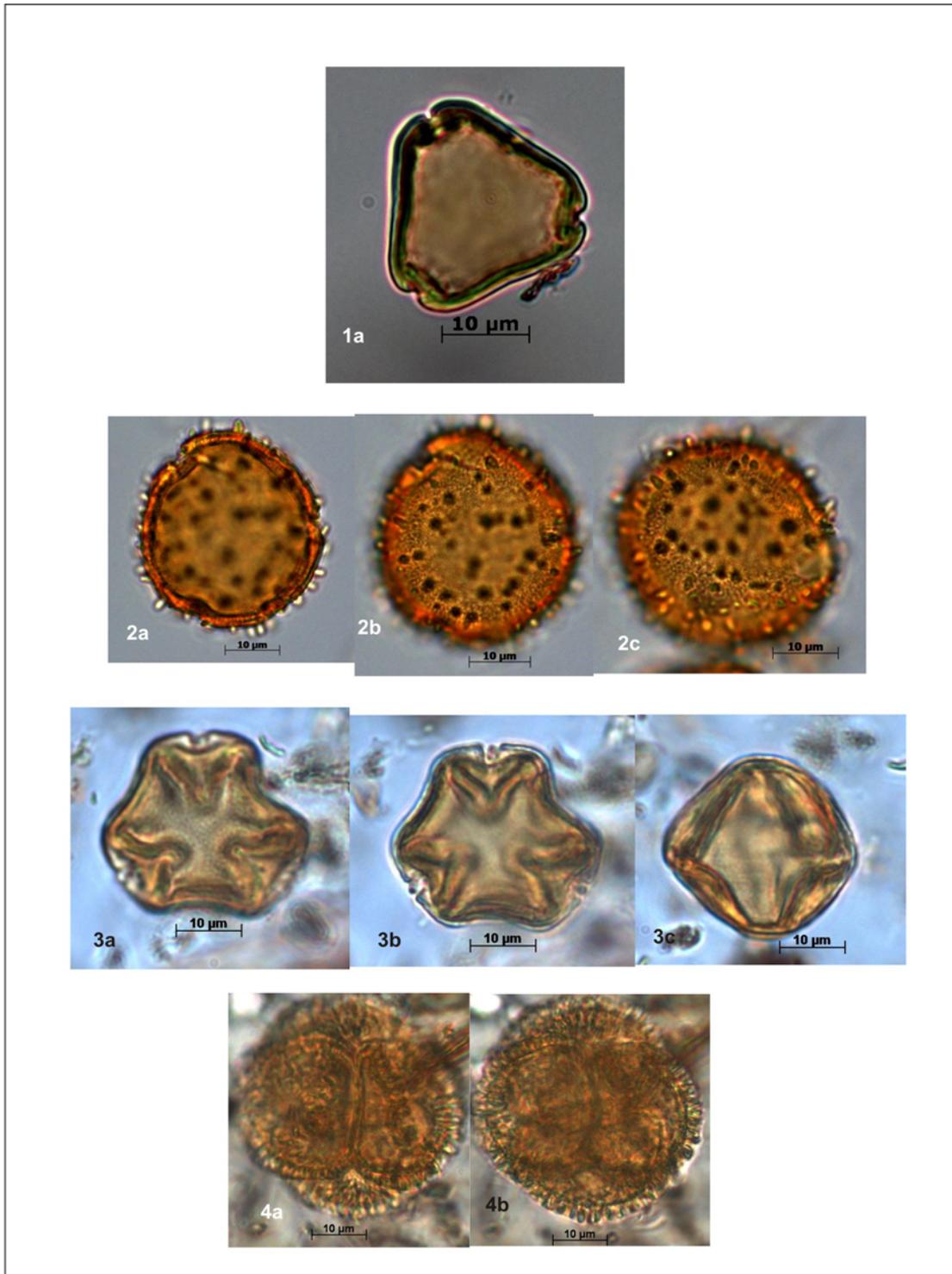
PRANCHA III: **Bignoniaceae:** Bignoniaceae Tipo 1 (1a,b); *Jacaranda* sp (2a,b); *Tabebuia* sp (3a,b); **Burseraceae:** *Protium* sp (4a,b,c); **Chloranthaceae:** *Hedyosmum brasiliense* (5a,b); **Cunoniaceae:** *Weinmannia* sp (6a,b,c); **Euphorbiaceae:** *Alchornea* sp (7a,b,c); *Sapium* sp (8a,b); *Sebastiania* sp (9a,b,c).



PRANCHA IV: **Ericaceae**: Ericaceae Tipo1 (1a,b); **Fabaceae (Cercideae)**: *Bauhinia* sp (2); **Fabaceae (Mimosoideae)**: *Mimosa* sp (3); **Malpighiaceae**: *Hiraea* sp (4a,b); Malpighiaceae Tipo 1 (5a,b); **Melastomataceae/Combretaceae**: Melastomataceae/Combretaceae Tipo 1 (6a,b); *Miconia* sp (7a,b); **Meliaceae**: *Cabralea canjerana* (8a,b); **Myrsinaceae**: *Rapanea* sp (9a,b); **Myrtaceae**: Myrtaceae Tipo 1 (10); **Onagraceae**: *Ludwigia* sp1 (11); *Ludwigia* sp2 (12).



PRANCHA V: **Piperaceae**: *Piper* sp (1a,b); **Poaceae**: Poaceae Tipo 1 (2); **Proteaceae**: *Euplassa* sp (3); *Roupala* sp (4); **Rubiaceae**: *Alibertia* sp (5a,b); *Borreria* sp (6a,b); **Sapindaceae**: Sapindaceae Tipo 1 (7); **Sapotaceae**: *Chrysophyllum* sp (8a,b,c); **Solanaceae**: *Solanum* sp (9a,b,c); Solanaceae Tipo 1 (10a,b).



PRANCHA VI: **Symplocaceae:** *Symplocos* sp (1); **Theaceae:** *Laplacea* sp (2a,b,c); **Vochysiaceae:** *Vochysia* sp (3a,b,c); **Winteraceae:** *Drimys brasiliensis* (4a,b).

ANEXO 3

Habitat e dimensões das diatomáceas

PRANCHA I

CÊNTRICAS

Actinodiscaceae

Actinoptychus aster Brun (1)

Marinha, diâmetro 77 μ m

Actinoptychus campanulifer A. Schmidt (2)

Marinha, nerítica, planctônica, diâmetro 30-63 μ m (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Actinoptychus splendens (Shadbolt) Ralfs (3)

Marinha, nerítica, ocasional no plâncton, diâmetro 75 μ m (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Actinoptychus undulatus (Bailey) Ralfs (4)

Marinha, bentônica, ocasionalmente no plâncton nerítico e em estuários e lagunas costeiras, diâmetro ~ 40 μ m (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Actinoptychus vulgaris Schumann (5)

Marinha, nerítica, bentônica, ocasional no plâncton, diâmetro ~ 77 μ m (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Actinoptychus sp1 (6)

Marinha, diâmetro 41 μ m

Actinoptychus sp2 (7)

Marinha, diâmetro 36 μ m

Actinoptychus sp3 (8)

Marinha, diâmetro 28 μ m

Actinoptychus sp4 (9)

Marinha, diâmetro 18 μ m

Ahaulaceae

Terpsinoë americana (Bailey) Ralfs (10)

Marinha, litoral e estuários, dimensões 45 μ m comprimento; 30 μ m largura (Moreira Filho, 1960).

Terpsinoë musica Ehrenberg (11)

Águas salobras, dimensões 132µm comprimento; 53µm largura (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Biddulphiaceae

Biddulphia rhombus (Ehrenberg) W. Smith (12)

Marinha, nerítica, bentônica, ocasional no plâncton, dimensões 72µm comprimento; 38µm largura (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Cerataulus smithii Ralfs (13)

Marinha, nerítica, bentônica, às vezes ticoplanctônica, diâmetro ~ 51µm (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Triceratium favus Ehrenberg (14)

Marinha, nerítica, planctônica, diâmetro ~ 79µm (Moreira Filho & Kutner, 1962).

PRANCHA II

Coscinodiscaceae

Coscinodiscus brasiliensis Muller Melchers (15)

Marinha, nerítica, diâmetro 73 μ m (Moreira Filho, 1961).

Coscinodiscus lineatus Ehrenberg (16)

Marinha, oceânica, porém encontrada em regiões neríticas, planctônica, diâmetro 62-80 μ m (Mosimann et al, 1993).

Coscinodiscus maginatus Ehrenberg (17)

Marinha, planctônica, diâmetro 18-44 μ m (Mosimann et al, 1993).

Coscinodiscus oculusiridis Ehrenberg (18)

Marinha, nerítica, planctônica, diâmetro 125-170 μ m (Mosimann et al, 1993).

Coscinodiscus sp1 (19)

Marinha, diâmetro 100 μ m

Coscinodiscus sp2 (20)

Marinha, diâmetro 65 μ m

Coscinodiscus sp3 (21)

Marinha, diâmetro 57 μ m

Coscinodiscus sp4 (22)

Marinha, diâmetro 26,5 μ m

Coscinodiscus sp5 (23)

Marinha, diâmetro 19 μ m

Coscinodiscus sp6 (24)

Marinha, diâmetro 24,5 μ m

Coscinodiscus sp7 (25)

Marinha, diâmetro 89 μ m

PRANCHA III

Coscinodiscaceae

Cyclotella styllorum Brightwell (26)

Marinha, nerítica, planctônica, diâmetro 58 μ m (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Cyclotella striata (Kützing) Grünow (27)

Marinha, litoral, também em águas salobras, diâmetro 18 μ m (Moreira Filho et al, 1971).

Paralia sulcata Ehrenberg (28a,b)

Marinha, nerítica, bentônica, ocasional no plâncton, diâmetro 22-25 μ m (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Eupodiscaceae

Actinocyclus ehrenbergi Ralfs (29)

Marinha, nerítica, planctônica, diâmetro ~40 μ m (Moreira Filho et al, 1971).

Auliscus caelatus Bailey (30)

Marinha, às vezes ticoplanctônica, diâmetro 65 μ m (Cunha & Eskinazi-Leça, 1990).

Eupodiscus radiatus Bailey (31)

Marinha, bentônica, ticoplanctônica, diâmetro 45 μ m (Mosimann et al, 1993).

Thalassiosiraceae

Cymatotheca weissflogii (Grunow) Hendley (32)

Marinha, planctônica, diâmetro ~18 μ m (Mosimann et al, 1993).

Thalassiosira eccentrica (Ehrenberg) Cleve (33)

Marinha, nerítica, ticoplanctônica, diâmetro 29-56 μ m (Mosimann et al, 1993).

Thalassiosira nanolineata (Mann) Fryxell (34)

Marinha, planctônica, diâmetro 28-49 μ m (Mosimann et al, 1993).

Thalassiosira sp1 (35)

Marinha, diâmetro 13 μ m

Thalassiosira sp2 (36)

Marinha, diâmetro 25µm

Thalassiosira sp3 (37)

Marinha, diâmetro 40µm

Thalassiosira sp4 (38)

Marinha, diâmetro 18µm

PRANCHA IV

PENADAS

Achnanthaceae

Achnanthes brevipes C. Agardh (39)

Marinha, em litorais de águas de baixa salinidade, dimensões 38,5µm comprimento; 16µm largura (Moreira-Filho, 1960).

Achnanthes hungarica Grünow (40)

Água doce, bentônica, dimensões 18-35µm comprimento; 6-8,5µm largura (Patrick & Reimer, 1966)

Achnanthes lanceolata (Brebisson) Grünow in Cleve and Grünow (41)

Água doce, bentônica, dimensões 12-20µm comprimento; 6-7,5µm largura (Patrick & Reimer, 1966).

Cocconeis fluviatilis Wallace var. *fluviatilis* (42)

Água doce, tolerante à elevação da concentração da salinidade, planctônica, dimensões 21-25µm comprimento; 12,5-14,5µm largura (Patrick & Reimer, 1966).

Cocconeis disculus Schumann (43)

Água doce, dimensões 30-40µm comprimento; 17-26,5µm largura (Patrick & Reimer, 1966).

Cymbellaceae

Amphora angusta Gregory (44)

Marinha, dimensões 68µm comprimento; 32µm largura (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Amphora normanii Rabenhorst var. *normanii* (45)

Água doce, planctônica, dimensões 32µm comprimento; 5µm largura (Patrick & Reimer, 1975).

Amphora ovalis (Kützing) Kützing var. *ovalis* (46)

Água doce, bentônica, dimensões 28,5-53µm comprimento; 7-9,5µm largura (Patrick & Reimer, 1975).

Cymbella affinis Kützing var. *affinis* (47)

Água doce, bentônica, dimensões 30-40µm comprimento; 9-10µm largura (Round et al, 1990).

Diatomaceae

Opephora marina (Gregory) Petit (48)

Marinha, dimensões 47,7µm comprimento; 8,0µm largura (Round et al, 1990).

Opephora olsenii (49)

Marinha, dimensões 29,5µm comprimento; 8,0µm largura (Round et al, 1990).

Epithemiaceae

Rhopalodia musculus (Kützing) O. Muller (50)

Águas salobras, nos litorais, em estuários e lagunas costeiras, dimensões 26µm comprimento; 14µm largura (Moreira Filho, 1960).

Eunotiaceae

Eunotia monodon Ehrenberg var. *undulata* Husted (51)

Água doce, estancada ou corrente, dimensões 78µm comprimento; 11µm largura (Moreira Filho, 1961).

Fragilariaceae

Cymatosira adaroi Azpeitia (52)

Marinha, nerítica, planctônica, dimensões 48µm comprimento; 9µm largura (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Cymatosira sp1 (53)

Marinha, dimensões 48µm comprimento; 9,5µm largura.

PRANCHA V

Fragilariaceae

Raphoneis ampiceros Ehrenberg (54)

Marinha, litoral, também encontrada em estuários de águas salobras, dimensões 20µm comprimento; 15µm largura (Cunha & Eskinazi-Leça, 1990).

Raphoneis castracanei Grünow (55)

Marinha, nerítica, possivelmente meroplantônica, dimensões 45µm comprimento; 30µm largura (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Thalassionema nitzchioides Grünow (56)

Marinha, nerítica, planctônica, dimensões 52-60µm comprimento; 3,5µm largura (Moreira Filho, 1961).

Naviculaceae

Caloneis bivittata (Pantocsek) Cleve (57)

Águas salobras, principalmente em baías e estuários, dimensões 206µm comprimento; 59µm largura (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Diploneis gruendlerii (A. Schmidt) Cleve (58)

Marinha, nerítica, possivelmente ticoplanctônica, dimensões 40µm comprimento; 10µm largura (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Diploneis interrupta (Kützing) Cleve (59)

Águas salobras, dimensões 20-30µm comprimento; 10µm largura (Patrick & Reimer, 1966).

Diploneis smithii (Brebisson) Cleve (60)

Marinha, bentônica, ampla distribuição nos litorais, lagunas costeiras e estuários, dimensões 42µm comprimento; 21µm largura (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Diploneis sp1 (61)

Dimensões 18µm comprimento, 10µm largura

Frustulia interposita (Lewis) De Toni (62)

Águas salobras, dimensões 118µm comprimento; 29µm largura (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Gyrosigma strigile (W. Smith) Griffith et Henfrey (63)

Águas salobras, em mares de baixa salinidade e lagos salgados continentais, dimensões 330µm comprimento; 40µm largura (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Navicula lanceolata (Agardh) Ehrenberg (64)

Água doce ou salgada (com baixa salinidade), dimensões 25,0µm comprimento; 8,5µm largura (Patrick & Reimer, 1966).

Navicula radiosa Kützing var. *radiosa* (65)

Água doce, dimensões 70µm comprimento; 10µm largura (Patrick & Reimer, 1966).

Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehrenberg var. *viridis* (66)

Água doce, bentônica, dimensões 50-170µm comprimento; 10-30µm largura (Round et al, 1990).

Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehrenberg var. *fallax* (67)

Água doce e fria, dimensões 45-110µm comprimento; 9-20µm largura (Round et al, 1990).

PRANCHA VI

Nitzchiaceae

Nitzchia coarctata Grünow (68)

Águas salobras, dimensões 25µm comprimento; 12µm largura (Moro e Fürstenberger, 1997).

Nitzchia compressa (J.W. Bailey) Boyer (69)

Marinha, litoral, dimensões 43µm comprimento; 18µm largura (Cunha & Eskinazi-Leça, 1990).

Nitzchia granulata Grünow (70)

Marinha, estuariana e em águas salobras, dimensões 40µm comprimento; 16µm largura (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Nitzchia navicularis Brebisson(71)

Marinha, dimensões 28µm comprimento; 12µm largura (Moro e Fürstenberger, 1997).

Nitzchia punctata (Smith) Grünow (72)

Águas salobras, dimensões 22,0µm comprimento; 11µm largura (Moro e Fürstenberger, 1997).

Nitzchia sp1 (73)

Dimensões 21µm comprimento; 12µm largura.

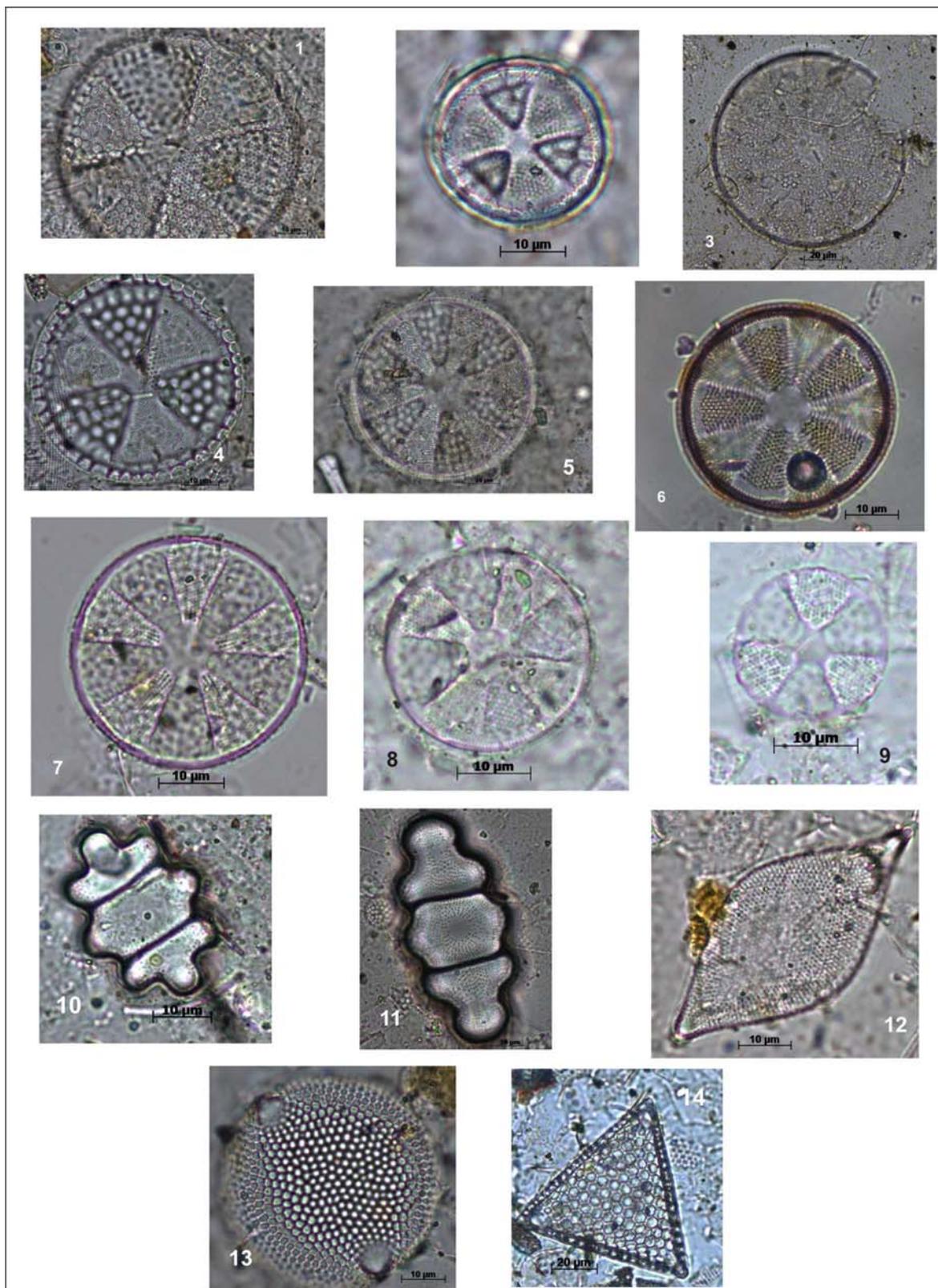
Suriellaceae

Surirella recendens A. Schmidt. (74)

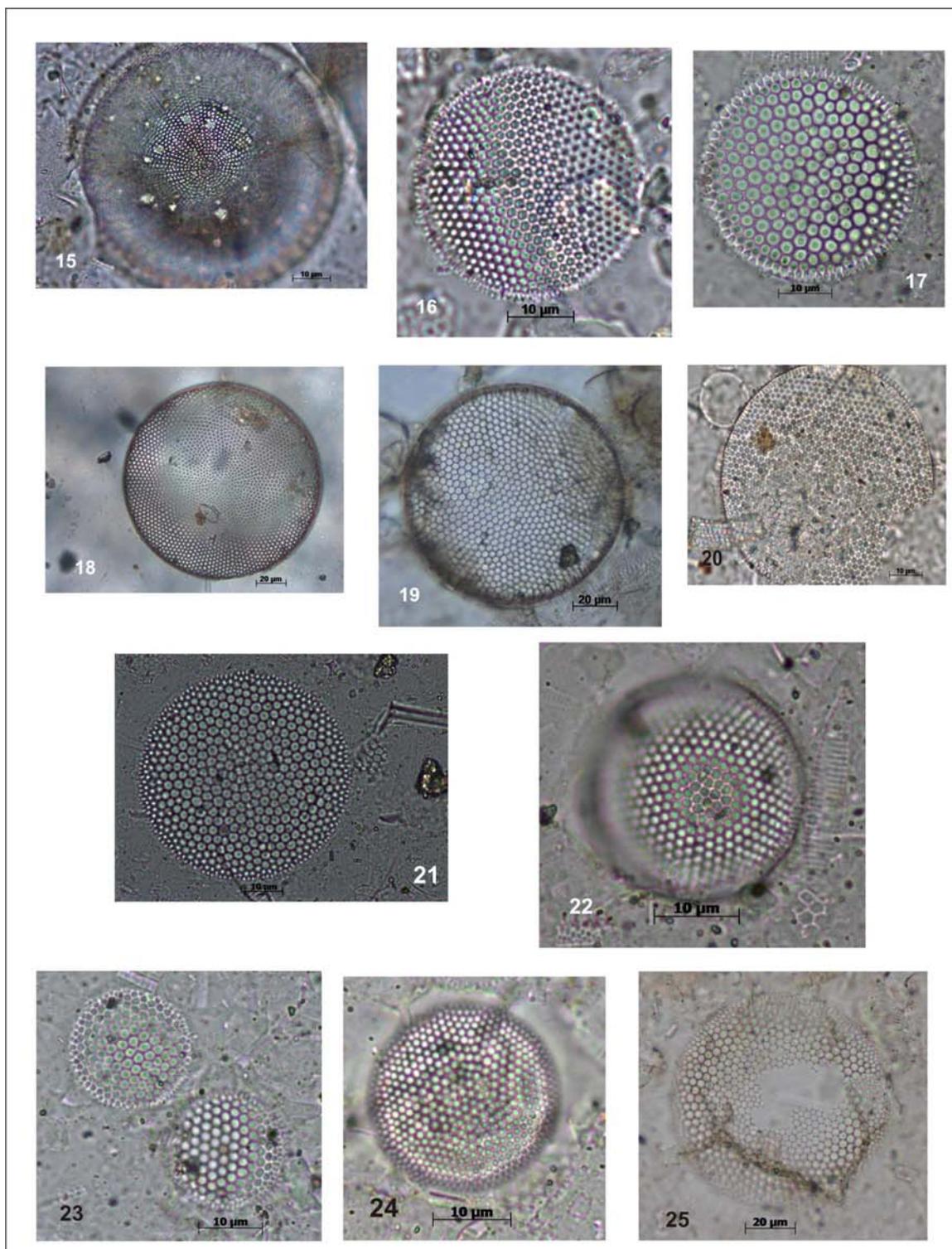
Marinha, nerítica e em águas salobras, dimensões 49,5µm comprimento; 35µm largura (Moreira Filho & Kutner, 1962).

Surirella rorata J. Frenguelli (75a,b)

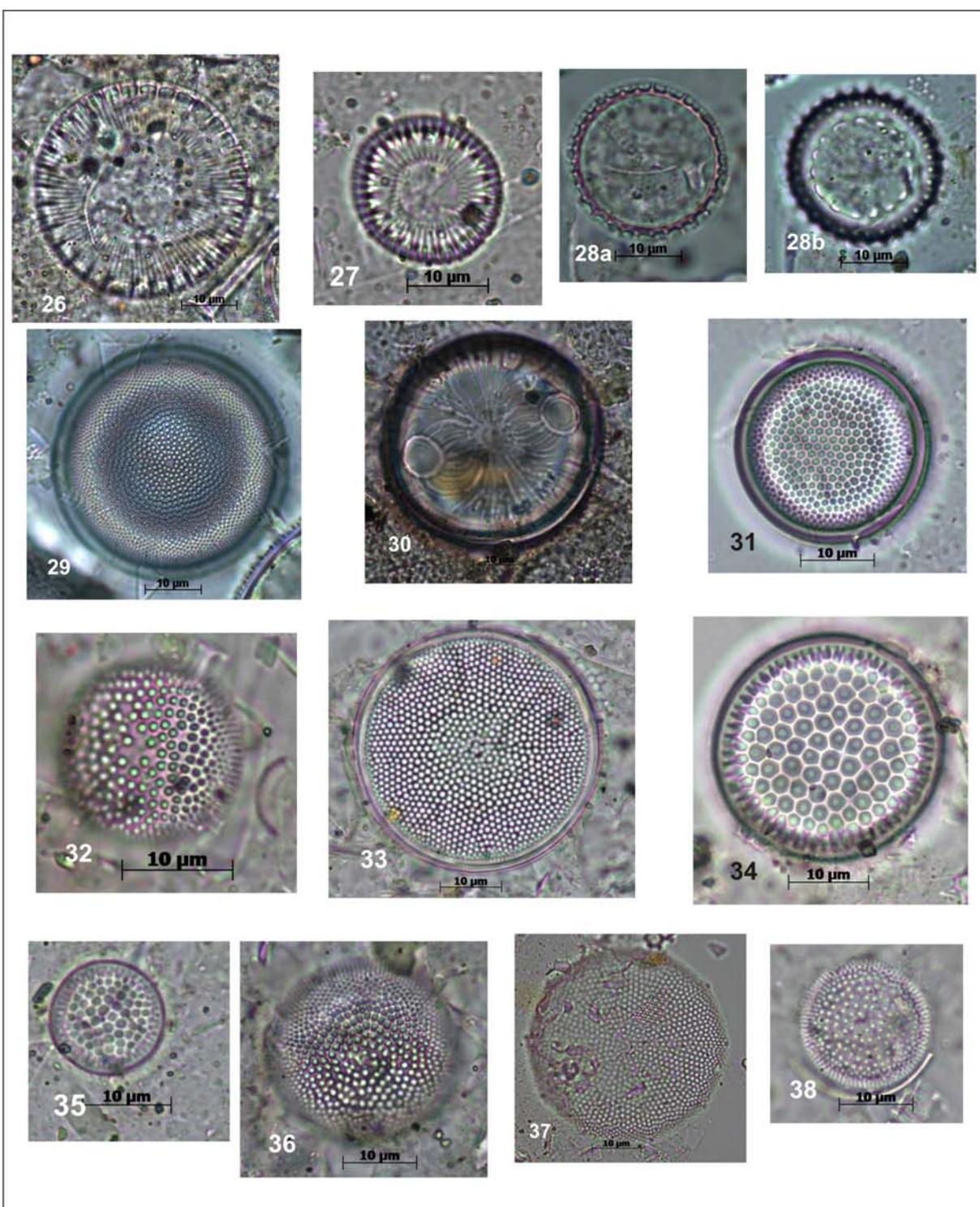
Marinha, nerítica, tanto vive em estuários de média salinidade como em águas estancadas de pântanos, dimensões 177µm comprimento; 88µm largura (Moreira Filho & Kutner, 1962).



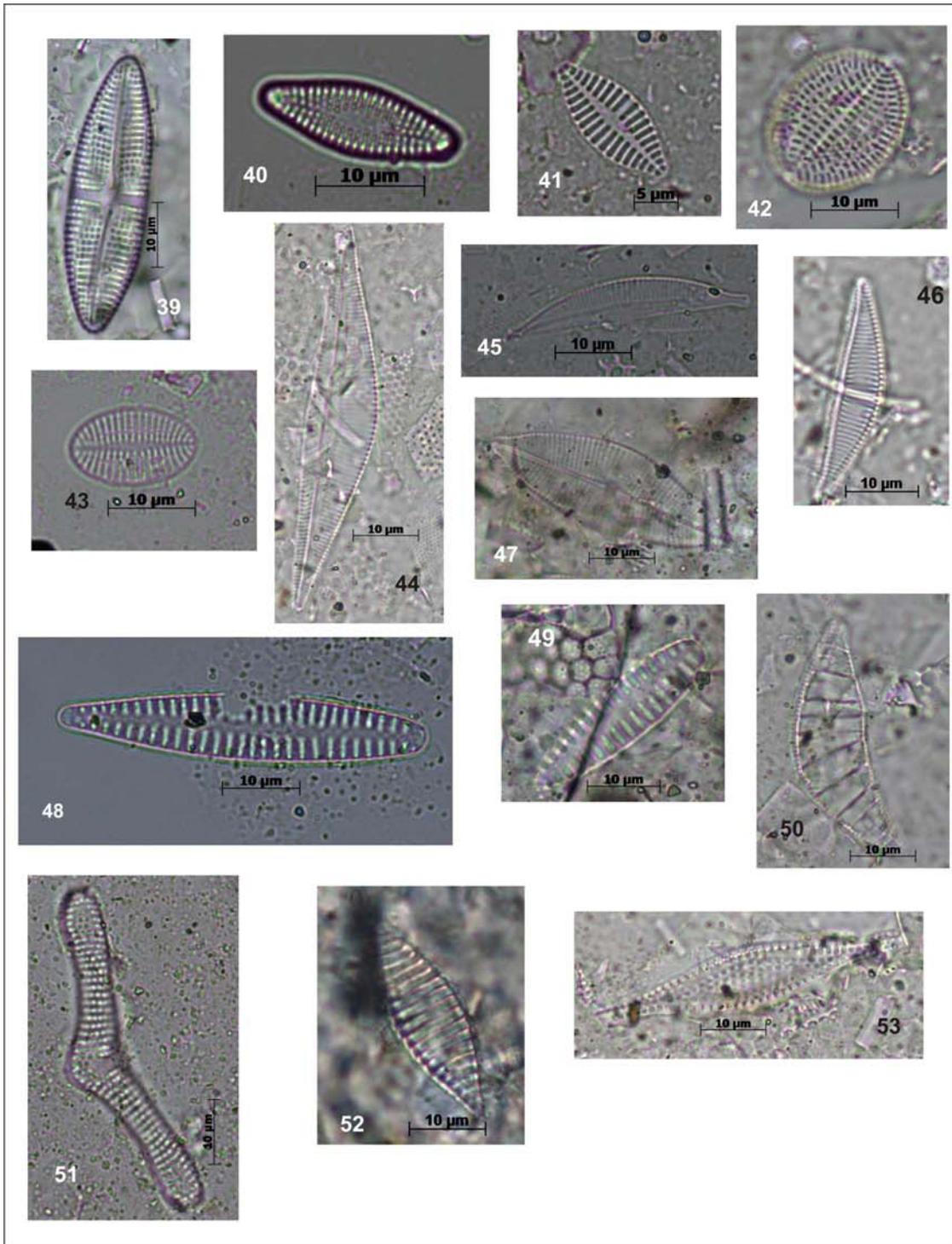
PIRANCHA I: **Cêntricas. Actinodiscaceae:** *Actinoptychus aster* (1); *Actinoptychus campanulifer* (2); *Actinoptychus splendens* (3); *Actinoptychus undulatus* (4); *Actinoptychus vulgaris* (5); *Actinoptychus* sp1 (6); *Actinoptychus* sp2 (7); *Actinoptychus* sp3 (8); *Actinoptychus* sp4 (9). **Anaulaceae:** *Terpsinoe americana* (10); *Terpsinoe musica* (11). **Biddulphiaceae:** *Biddulphia rhombus* (12); *Cerataulus smithii* (13); *Triceratium favus* (14).



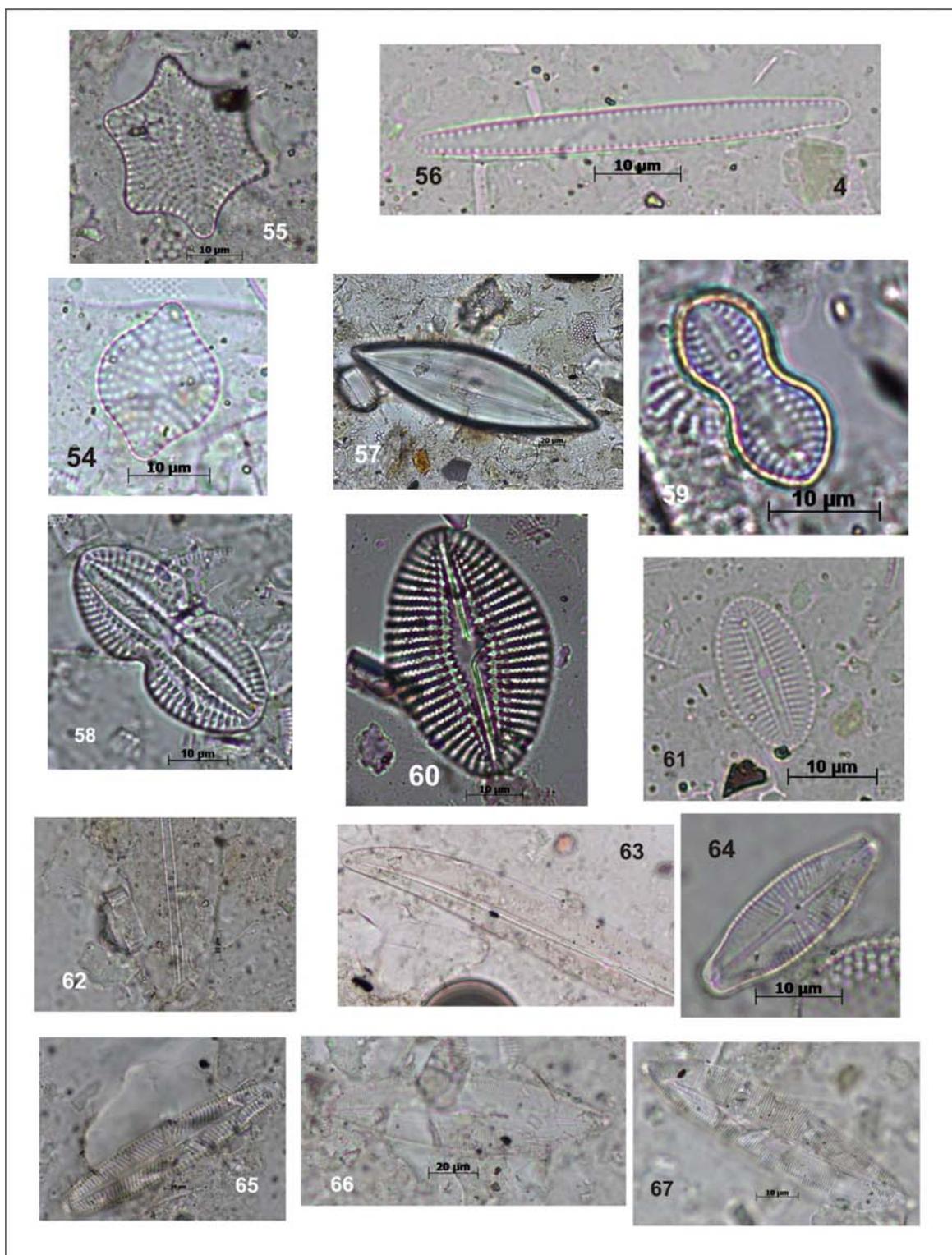
PRANCHA II: **Coscinodiscaceae**: *Coscinodiscus brasiliensis* (15); *Coscinodiscus lineatus* (16); *Coscinodiscus marginatus* (17); *Coscinodiscus oculusiridis* (18); *Coscinodiscus* sp1 (19); *Coscinodiscus* sp2 (20); *Coscinodiscus* sp3 (21); *Coscinodiscus* sp4 (22); *Coscinodiscus* sp5 (23); *Coscinodiscus* sp6 (24); *Coscinodiscus* sp7 (25).



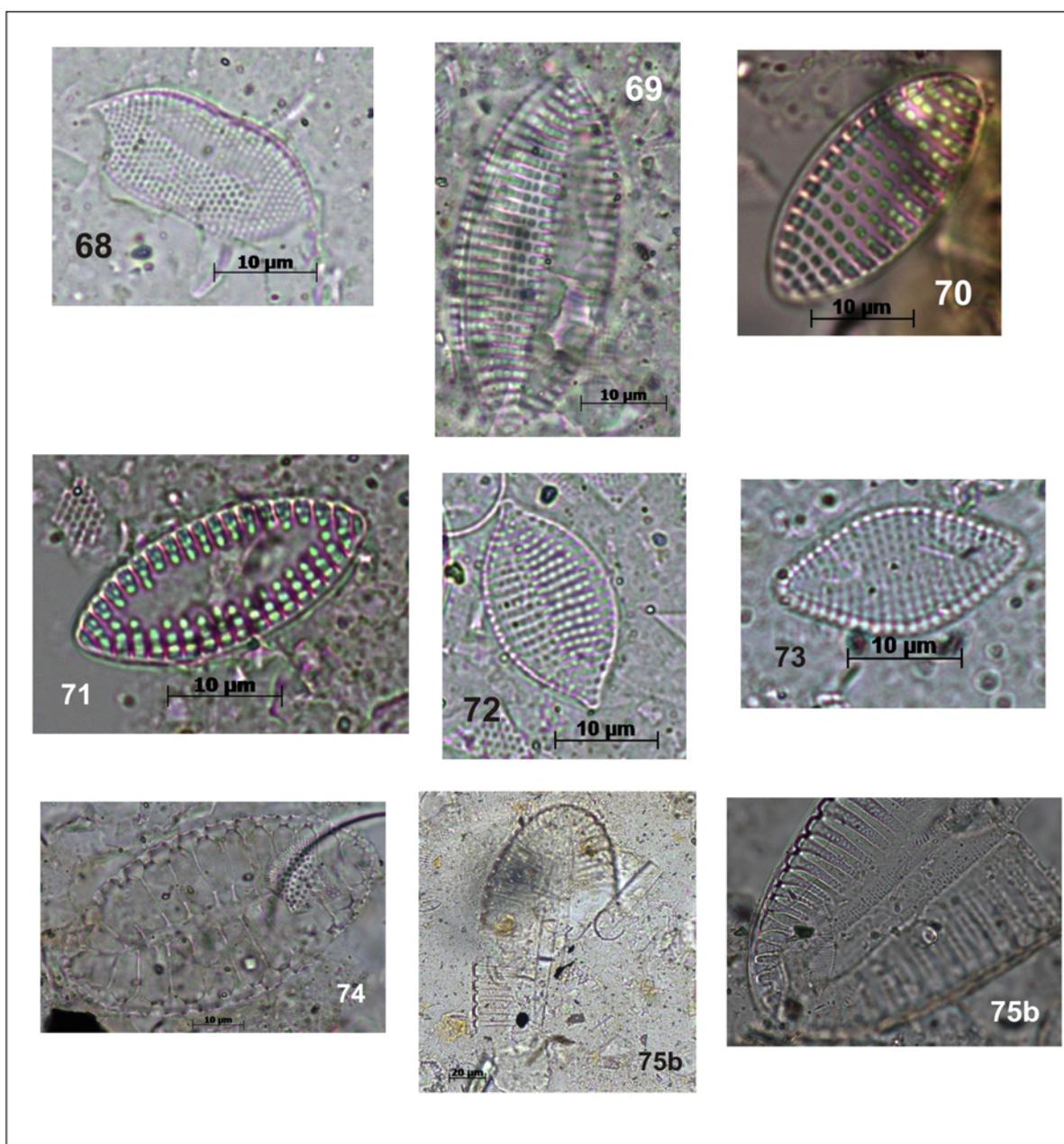
PRANCHA III: **Coccosphaerales:** *Cyclotella styllorum* (26); *Cyclotella striata* (27); *Paralia sulcata* (28a,b); **Eupodiscaceae:** *Actinocyclus ehrenbergi* (29); *Auliscus caelatus* (30); *Eupodiscus radiatus* (31); **Thalassiosiraceae:** *Cymatotheca weissflogii* (32); *Thalassiosira eccentrica* (33); *Thalassiosira nanolineata* (34); *Thalassiosira* sp1 (35); *Thalassiosira* sp2 (36); *Thalassiosira* sp3 (37); *Thalassiosira* sp4 (38).



PRANCHA IV: **PENADAS: Achnantheaceae:** *Achnanthes brevipes* (39); *Achnanthes hungarica* (40); *Achnanthes lanceolata* (41); *Cocconeis fluviatilis* (42); *Cocconeis disculus* (43); **Cymbellaceae:** *Amphora angusta* (44); *Amphora normanii* (45); *Amphora ovalis* (46); *Cymbella affinis* (47); **Diatomaceae:** *Opephora marina* (48); *Opephora olsenii* (49); **Epithemiaceae:** *Rhopalodia musculus* (50); **Eunotiaceae:** *Eunotia monodon* (51); **Fragilariaceae:** *Cymatosira adaroi* (52); *Cymatosira* sp1 (53).



PRANCHA V: **Fragilariaceae:** *Raphoneis amphiceros* (54); *Raphoneis castracanei* (55); *Thalassionema nitzschioides* (56); **Naviculaceae:** *Caloneis bivittata* (57); *Diploneis gruendlerii* (58); *Diploneis interrupta* (59); *Diploneis smithii* (60); *Diploneis* sp1 (61); *Frustulia interposita* (62); *Gyrosigma strigile* (63); *Navicula lanceolata* (64); *Navicula radiosa* (65); *Pinnularia viridis* var. *viridis* (66); *Pinnularia viridis* var. *fallax* (67).



PRANCHA VI: **Nitzchiaceae:** *Nitzchia coarctata* (68); *Nitzchia compressa* (69); *Nitzchia granulata* (70); *Nitzchia navicularis* (71); *Nitzchia punctata* (72); *Nitzchia sp1* (73); **Surirellaceae:** *Surirella recedens* (74); *Surirella rorata* (75a,b).